हमें परमाणु के विषय में किस प्रकार ज्ञान हुआ ?

आइसक असिमोव
हिंदी अनुवादः डा. एस. के. जैन

हमें परमाणु के विषय में किस प्रकार ज्ञान हुआ ?

आइसक असिमोव (Isaac Asimov)

हिंदी अनुवादः डा. एस. के. जैन

(आइसक असिमोव एक कुशल कहानीकार हैं, जो विज्ञान के कथा-साहित्य के लिये संसार के महानतम लेखकों में से एक हैं. वह वैज्ञानिक आविष्कारों/विकासों के भी प्रसिद्ध विशेषज्ञ हैं. युवा अथवा वृद्ध जो लोग विशेषज्ञ नहीं हैं, उन्हें भी विज्ञान के चमत्कार को स्पष्ट करने की प्रतिभा उनमें थी.)

ये कहानियां वैज्ञानिक तथ्य हैं, परन्तु विज्ञान के कथा-साहित्य को पढ़ने जैसा है. प्रथम बार 2500 वर्ष से भी पूर्व ग्रीकों (Greeks) ने परमाणु की कल्पना की. उनके पास वास्तविक प्रमाण नहीं थे, क्योंकि देखने के लिये परमाणु अति सूक्ष्म थे. तब से अनेक वैज्ञानिकों के प्रयासों द्वारा प्रमाण धीरे-धीरे एकत्रित होते गये. अब परमाणुओं का अस्तित्व सभी को ज्ञात है. इस तरह के सरल तरीके से आइसक असिमोव ने इस कठिन विषय के आविष्कार की मन्त्र-मुग्ध करने वाली कहानी बना दी.

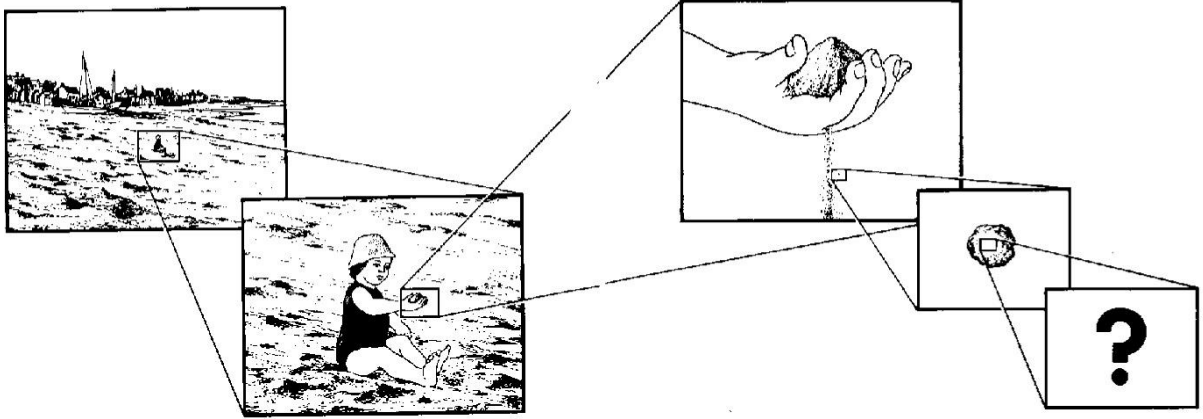
1. परमाणु की कल्पना

क्या कभी तुमने रेतीले समुद्र-तट को दूर से देखा है? यह पदार्थ के एक ठोस टुकड़े की भांति दिखाई देगा, क्या ऐसा नहीं है?

यदि तुम इसके निकट आओ, तो तुम देख सकते हो कि यह कठोर बालू के लघु कणों से बना हुआ है. तुम कुछ समुद्र –तट बालू को उठाओ तथा इसको अपनी ऊंगलियों में से धीरे-धीरे झरने दो. एक लघु कण जो तुम्हारी हथेली पर चिपक जाये, इसके अतिरिक्त सम्पूर्ण बालू को झरने दो.

क्या वह लघु कण बालू का सूक्ष्मतम टुकड़ा है? अब तुम उस लघु कण को एक कठोर चट्टान पर रख कर हथोड़े से पीटो. क्या तुम इसे और लघु कणों में विघटित कर पाओगे? क्या तुम इससे प्राप्त किसी एक लघु कण को और अधिक लघु कणों में विघटित कर पाओगे? क्या तुम ऐसा सदैव करते रहोगे?

फिर तुम एक कागज लो तथा इसको आधे में फाड़ो. तुम आधे कागज को पुनः आधे में फाड़ो, तथा उस नए छोटे टुकड़े को पुनः आधे में, इस प्रकार करते रहो. क्या तुम ऐसा सदैव करते रहोगे?

2500 वर्ष पूर्व, लगभग 450 ईसा पूर्व, एक ग्रीक दार्शनिक (philosopher) अथवा शोध छात्र (scholar) ने इन प्रश्नों के विषय में विचार किया. उसका नाम लयूसिप्पुस (Leucippus) था. उसको इस कथन को मानने में कोई औचित्य नहीं लगा कि किसी भी पदार्थ को लघु, एवं लघु, तथा और लघु में सदैव तक विघटित किया जा सकता है. कहीं-न-कहीं तो इसका अंत होना ही होगा. किसी एक अवस्था पर तुम ऐसे कण पर पहुंचोगे, जो इतना अधिक सूक्ष्म होगा कि इसको और अधिक सूक्ष्म नहीं किया जा सकेगा.

लयूसिप्पुस का डेमोक्रितुस (Democritus) नाम का एक शिष्य था, जिसने भी इसी तरह विचार किया. 380 ईसा पूर्व, जब डेमोक्रितुस की मृत्यु हुई, वह ब्रह्माण्ड (Universe) के सिद्धांतों पर लगभग 72 पुस्तकें लिख चुका था. सिद्धांतों में तर्क यही था कि संसार में प्रत्येक वस्तु अत्यंत लघु कणों से बनी है.

इन लघु कणों को डेमोक्रितुस द्वारा दिया गया नाम "अटोमोस" (atomos) था, जो "अविघटित" (unbreakable) अर्थ का ग्रीक शब्द है. अंग्रेजी में यह शब्द "[illegible]" हिन्दी में परमाणु हो गया.

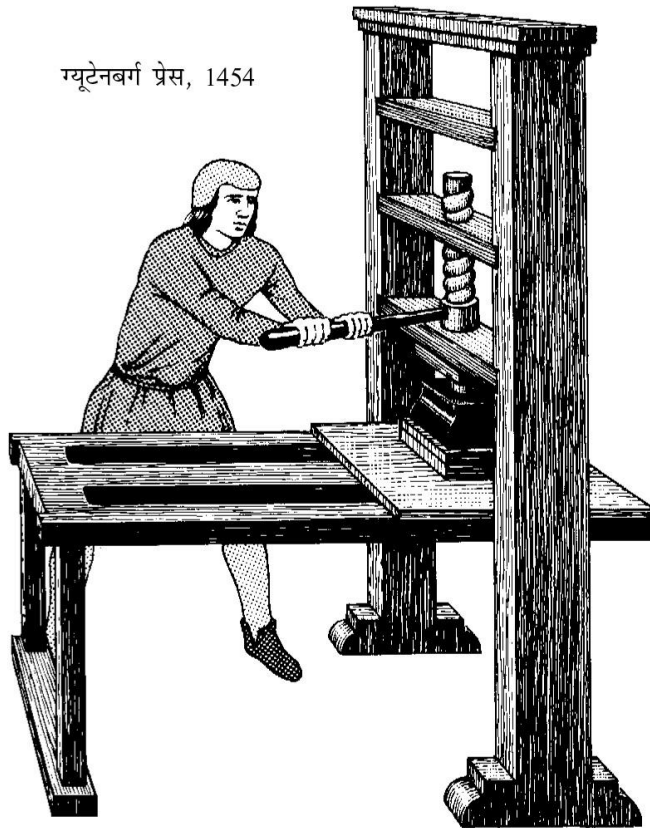
डेमोक्रितुस ने विचार किया कि सम्पूर्ण संसार विभिन्न प्रकार के परमाणुओं से बना है तथा परमाणुओं के मध्य और कुछ नहीं है. प्रथक परमाणु देखने के लिये अत्यंत सूक्ष्म थे, परन्तु जब उनमे से अनेकों को विभिन्न संयोगों (combinations) में संलग्न (join) किया गया, तो वे सभी वस्तुएं बनी जो हम अपने चारों और देखते हैं. उसने विचार किया कि परमाणुओं को न ही उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है, यद्यपि यह अपनी व्यवस्था (arrangement) में परिवर्तन कर सकते हैं. इस प्रकार, एक पदार्थ अन्य पदार्थ में परिवर्तित हो सकता है.

डेमोक्रितुस यह नहीं कह सका कि उसको ऐसा विश्वास क्यों है. उसको बस ऐसा होने का आभास हुआ. परन्तु अधिकांश अन्य ग्रीक दर्शिनिकों को ऐसा अनुभव प्रतीत नहीं हुआ. वास्तव में, अधिकतम प्रसिद्ध ग्रीक दर्शिनिकों ने नहीं सोचा कि परमाणु अस्तित्व में हैं, तथा डेमोक्रितुस के विचार जिसको हम "परमाणुवाद" (atomism) कहते हैं, अतः अलोकप्रिय (unpopular) हो गया.

प्राचीन काल में, सभी पुस्तकें हस्तलिखित होती थीं. किसी विशेष पुस्तक की एक से अधिक प्रतिलिपि के लिये सम्पूर्ण पुस्तक को हाथ से ही लिखना पड़ता था. यह अत्यंत कठिन कार्य था, तथा केवल कुछ ही अत्यंत लोकप्रिय पुस्तकों की अधिक संख्या में प्रतिलिपि बनती थी.

क्योंकि डेमोक्रितुस की पुस्तकें लोकप्रिय नहीं थी, कुछ ही प्रतिलिपि बनीं. जैसे-जैसे समय बीतता गया, एक के पश्चात् एक प्रतिलिपि नष्ट होती गयी. आज, उसकी किसी भी पुस्तक की एक भी प्रतिलिपि अस्तित्व में नहीं है. वे सभी पूर्णतः समाप्त हो गयी हैं. उसके सिद्धांतों के विषय में ज्ञात होने का कारण केवल यह है कि अन्य अस्तित्व में होने वाली प्राचीन पुस्तकों में डेमोक्रितुस का उल्लेख है तथा उसके परमाणुओं के सिद्धांत के विषय में उल्लेख है.

फिर भी, डेमोक्रितुस की पुस्तकों के पूर्णतः विलुप्त होने के पूर्व एपिकुरुस (Epicurus) ने उन्हें पढ़ा तथा स्वयं परमाणुविद बन गया. 306 ईसा पूर्व, उसने एथेंस (Athens), यूनान (ग्रीस) में एक विद्यालय स्थापित किया, जो उस समय एक महत्वपूर्ण शिक्षा केंद्र था. एपिकुरुस एक लोकप्रिय अध्यापक था, तथा वह प्रथम व्यक्ति था जिसने अपने विद्यालय में स्त्रियों को विद्यार्थी के रूप में आने दिया. उसने पढ़ाया कि सभी वस्तुएं परमाणुओं से बनी हैं, तथा माना जाता है कि उसने विभिन्न विषयों पर न्यूनतम 300 पुस्तकें लिखी (यद्यपि प्राचीन पुस्तकें सामान्यतः छोटी होती थी).

ग्यूटेनबर्ग प्रेस, 1454

दीर्घ काल (long time) में, यद्यपि, एपिकुरुस के विचारों की लोकप्रियता भी नहीं रही तथा उसके पुस्तकों की कुछ ही प्रतिलपि बनी, तथा कुछ ही समय तक बनी. अंत में वे सभी डेमोक्रितुस की पुस्तकों की भांति लुप्त हो गयी.

परन्तु ,परमाणुओं की कल्पना अदृश्य नहीं हुई. एपिकुरुस के 200 वर्ष पश्चात्, जबकि उसकी पुस्तकें अस्तित्व में थी, एक रोमन (Roman) शोध छात्र, लुक्रेटिउस (Lucretius) परमाणुविद बन गया. उसने भी यही विचार किया कि संसार परमाणुओं से बना है. लगभग 56 ईसा पूर्व, उसने लैटिन (Latin) भाषा में एक लम्बी कविता लिखी, जिसका शीर्षक अंग्रेजी में ("on the nature of things") है जिसका अर्थ है वस्तुओं का स्वाभाव. उस कविता में, डेमोक्रितुस एवं एपिकुरुस के विचारों का विस्तृत वर्णन विद्वतापूर्ण किया.

पूर्व की भांति, परमाणुओं की कल्पना कभी भी लोकप्रिय नहीं हो पायी. लुक्रेटिउस की कविता की कोई विशेष प्रतिलिपि नहीं बनी. जैसे ही ग्रीस एवं रोम की सभ्यता समाप्त हुई, प्रतिलिपि-दर-प्रतिलिपि विलुप्त होती गयी, जब तक कि अंत में यूरोप के मध्य काल में एक भी प्रतिलिपि शेष नहीं रही. डेमोक्रितुस, एपिकुरुस एवं लुक्रेटिउस के सभी लेख विलुप्त हो गए, तथा लोग परमाणुओं के विषय में भूल गए.

तत्पश्चात 1417 ई0में, किसी एक को अटारी में एक पुरानी पाण्डुलिपि (manuscript) मिली, जो लुक्रेटिउस की कविता थी परन्तु पर्याप्त रूप से क्षतिग्रस्त थी. प्राचीन समय की और कोई भी प्रतिलिपि कभी भी प्राप्त नहीं हुई. तब तक, यूरोप के लोग प्राचीन लेखों में रुचि लेने लगे थे, अतः जब यह पाण्डुलिपि प्राप्त हुई, तब इसकी अनेक बार प्रतिलिपि बनी.

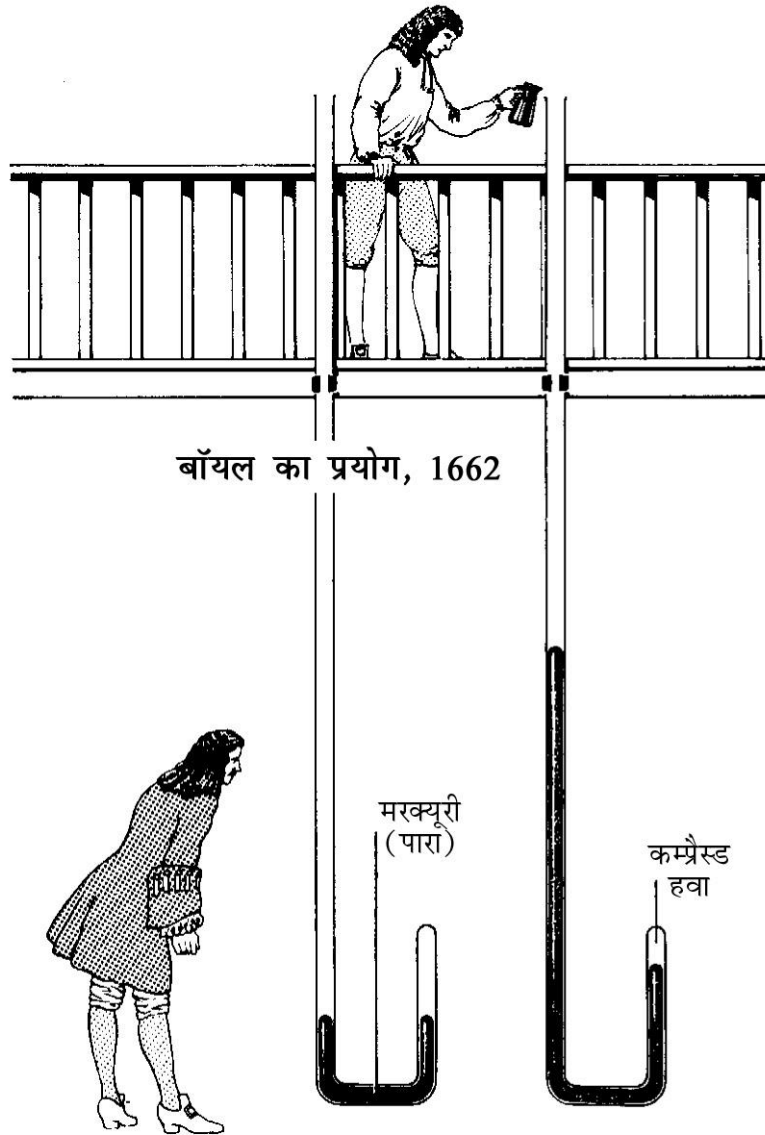
1414 में, जोहान्न गुटेनबर्ग (Johann Gutenberg) नाम के एक जर्मन (German) व्यक्ति ने छापाखाने (printing press) का अविष्कार किया. हाथ से प्रतिलिपि बनाने के स्थान पर, पुस्तक के सभी शब्द ढांचे/ठप्पे में बनाये गये. तब ठप्पे पर स्याही लगाकर तथा कागजों पर ठप्पे दबाने से प्रतिलिपि-दर-प्रतिलिपि की छपाई हो सकी. इस प्रकार से प्रत्येक पुस्तक की अनेक प्रतिलिपियाँ शीघ्रता से बन सकी. इसके पश्चात्, पुस्तकों के विलुप्त"होने का संकट पर्याप्त रूप से कम हो गया.

पहली छपी हुई पुस्तकों में से एक में लुक्रेटिउस की कविता थी. अनेक यूरोपवासियों ने कविता को पढ़ा, तथा कुछ लोग परमाणुओं की कल्पना से प्रभावित हुए. उनमे से एक पिएर्रे गस्सेंदी (Pierre Gassendi) नाम का फ़्रांसिसी (French) शोध विद्यार्थी था, जिसने 17वीं शताब्दी के पूर्वार्ध में अनेक प्रभाव डालने वाली पुस्तकें लिखी. उस समय उसे यूरोप के अनेक अन्य शोध विद्यार्थीयों के विषय में ज्ञान था तथा उनको परमाणुओं पर अपने विचारों की सूचना दी.

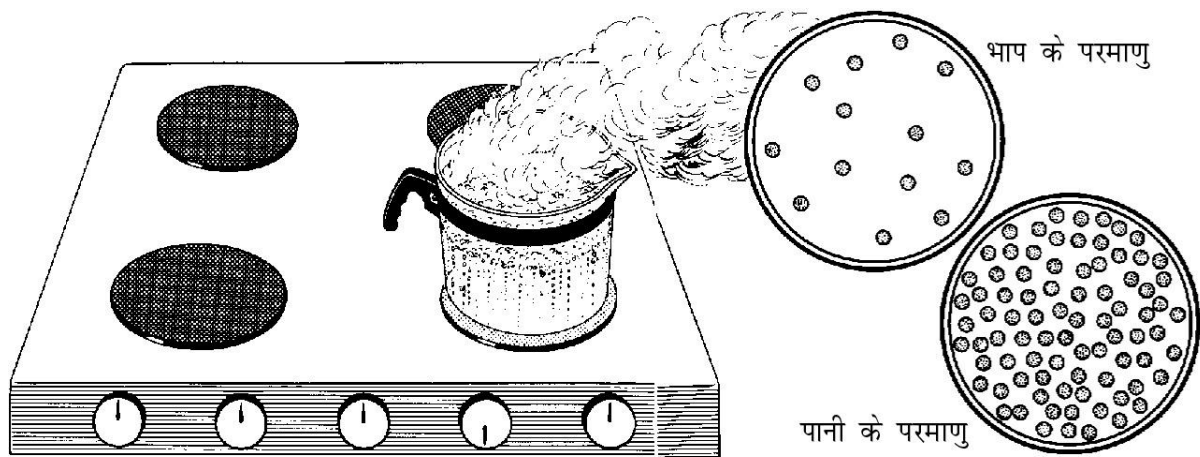
इस प्रकार, लयूसिप्पुस के मौलिक विचार 2000 वर्ष तक अस्तित्व में रहे. आधुनिक समय में बना परमाणुवाद, लुक्रेटिउस की सौभाग्यशाली कविता की पायी गयी एक प्रतिलिपि के प्रति कृतज्ञ है. फिर

भी, आधुनिक वैज्ञानिक शायद स्वयं ही परमाणुओं पर विचार कर लेते, परन्तु प्राचीन समय से तैयार विचार ने सहायता की.

सम्पूर्ण 2000 वर्ष लम्बे समय के दौरान, फिर भी एक तथ्य था जिसके कारण विद्वानों ने परमाणुओं को गंभीरता से नहीं लिया. वह था कि परमाणु केवल एक कल्पना है. वे बस कुछ थे जो कुछ लोगों को तर्क संगत लगते थे.

बॉयल का प्रयोग, 1662

इसका कोई प्रमाण/साक्ष्य नहीं था. कोई भी यह नहीं कह सका कि "यहाँ कोई चीज है जो किसी विशेष शैली में व्यवहार करती है."व्यवहार को स्पष्ट करने का एक ही तरीका था कि यह माना जाये कि परमाणु अस्तित्व में हैं.

ऐसे साक्ष्य प्राप्त करने के लिये, लोगों को प्रयोग करना आवश्यक था. कुछ विशेष परिस्थितियों में पदार्थ के व्यवहार का अध्ययन आवश्यक था, ताकि परीक्षण किया जा सके कि उनका व्यवहार परमाणुओं द्वारा स्पष्ट किया जा सके अथवा नहीं.

गस्सेंदी प्रथम विद्वानों में से एक था जिसने यह प्रस्ताव दिया कि ब्रह्माण्ड के विषय में उचित ज्ञान प्राप्त करने के लिये प्रयोग करने होंगें. गस्सेंदी के विचारों को जानने वालों में रोबर्ट बॉयल (Robert Boyle) नाम का एक अंग्रेज रसायन शास्त्री था. वह प्रथम वैज्ञानिक था जिसने परमाणु के अस्तित्व की सम्भावना पर प्रयोग किये.

बॉयल की रुचि वायु में थी: उदाहरण के तौर पर, इसने कैसे व्यवहार किया. वायु ठोस नहीं थी जो छुई जा सके तथा अपनी आकृति रख सके, यह जल की तरह तरल भी नहीं थी, जो बहती थी परन्तु देखा जा सकता था कि यह पदार्थ था जो अत्यंत पतली परत में फ़ैलता था. ऐसे पदार्थ को "गैस" (gas) कहा गया.

1662 में, बॉयल ने थोड़े से पारे (तरल धातु) को 5 मीटर लम्बी Jआकृति की नली में उड़ेला और भरा. नली के लघु भाग के छोर को बंद कर दिया, जबकि लम्बा भाग खुला रखा गया.

Jकी तली वाले भाग में पारा भर गया तथा नली के लघु एवं बंद भाग में वायु फंस गयी. तब बॉयल ने नली में और अधिक पारा उड़ेला. अतिरिक्त पारे के भार ने वायु के कुछ और अंश को ऊपर की और धकेला. जैसे-जैसे पारे को और भरा, फंसी हुई वायु और छोटे स्थान में दब गयी. यह "संपीडित" (compressed) थी. बॉयल ने जैसे-जैसे अधिक पारा उड़ेला, फंसी हुई वायु छोटे-और-छोटे स्थान में संपीडित होती गयी.

बॉयल ने गणना की कि वायु द्वारा लिया गया स्थान पारे के बढ़ते हुए भार से कैसे कम होता गया. इसको "बॉयल का नियम" (Boyle's Law) कहते हैं.

परन्तु वायु कैसे संपीडित होती है? यह लघु स्थान में कैसे संपीडित होती है?

स्पंज को छोटे स्थान में संपीडित किया जा सकता है. तो ब्रेड के टुकड़े को भी. ऐसा इसलिए होता है क्योंकि स्पंज अथवा ब्रेड में लघु छिद्र होते हैं. जब तुम स्पंज अथवा ब्रेड को संपीडित करते हो, तुम वायु को उन छिद्रों से बाहर निष्कासित करते हो तथा स्पंज अथवा ब्रेड के ठोस पदार्थ को आपस में निकट ले आते हो. (यदि तुम जल से गीले स्पंज को निचोड़ते हो, तो छिद्रों में से जल को बाहर निष्कासित करते हो).

यदि तुम वायु को आपस में संपीडित कर सकते हो, जैसा कि बॉयल ने किया, इसका अर्थ होना चाहिये कि वायु में छिद्र हैं. संपीडन में तुम वे छिद्र बंद कर देते हो तथा वायु के पदार्थ को आपस में निकट ले आते हो.

बॉयल को ऐसा अनुभव हुआ कि वायु के छोटे टुकड़े होने चाहियें अर्थात सूक्ष्म परमाणु. परमाणुओं के मध्य स्थान था जिसमे कुछ भी नहीं था. जब वायु को संपीडित किया गया, परमाणुओं को आपस में निकट आने के लिये बाध्य होना पड़ा. उसने अनुभव किया कि यह सभी गैसों के लिये सत्य है.

सत्यता में, यह तरल एवं ठोस पदार्थों के लिये भी लागू हो सकता है. यदि तुम तरल जल को उबालो, यह भाप में परिवर्तित हो जायेगा, जो गैस है. यदि तुम भाप को ठंडा करो, तुम पुनः जल प्राप्त करोगे.

भाप, जल की अपेक्षाकृत 1000 गुणा स्थान लेगी. इसको स्पष्ट करने का सरलतम तरीका है कि, मानो कि जल में सभी परमाणु इतने निकट हैं कि वे एक दूसरे को छू रहे हैं, जबकि भाप में वे एक दूसरे से दूर हैं.

अतः, बॉयल के साथ, 1662 में, पहली बार, परमाणु कल्पना मात्र से कहीं अधिक हो गये

2. परमाणुओं के प्रमाण (evidence)

क्या विभिन्न प्रकार के परमाणु हो सकते हैं?

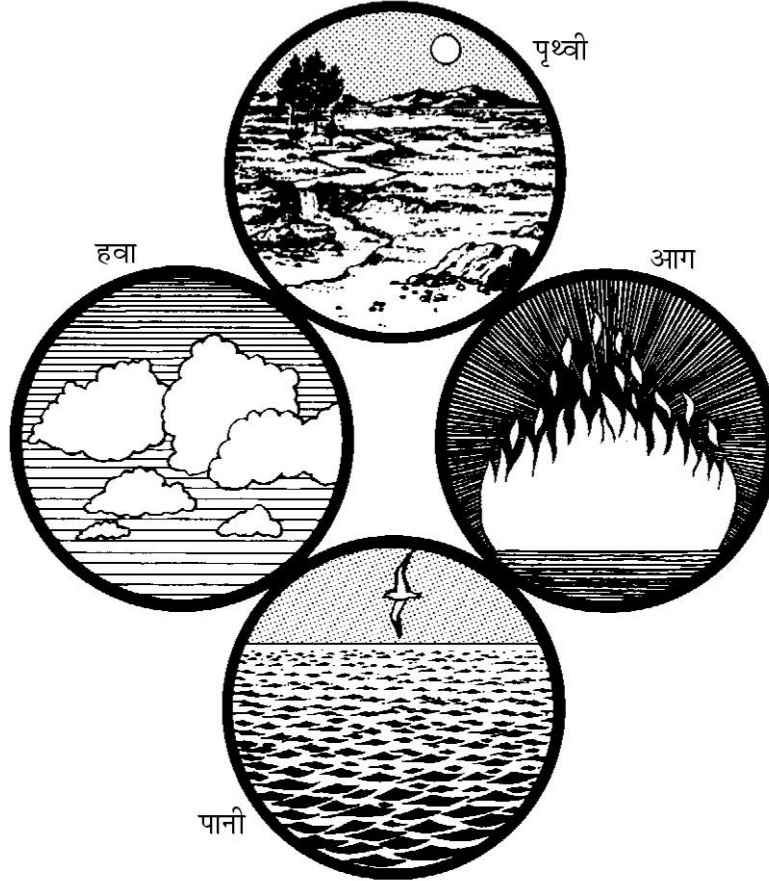
डेमोक्रितुस ने विचार किया था कि ऐसा हो सकता है. प्राचीन ग्रीक विश्वास करते थे कि संसार 4 प्रकार के मौलिक (basic) पदार्थों अथवा "तत्वों" (elements) से बना है. ये पृथ्वी, जल, वायु, तथा अग्नि हैं. डेमोक्रितुस ने अनुभव किया कि इनमे से प्रत्येक में विभिन्न प्रकार के परमाणु हो सकते हैं.

पृथ्वी परमाणु खुरदरे (rough) तथा असमतल (uneven) हो सकते हैं, ताकि वे एक दूसरे के साथ सरलता से बंधे तथा ठोस पृथ्वी का निर्माण हुआ. जल परमाणु मृदु (smooth) एवं गोल (round) हो सकते हैं, ताकि वे एक दूसरे पर फिसले (slipped). वायु परमाणु पंख के सामान हलके हो सकते हैं,

ताकि वे उड़ सकें (floated). अग्नि परमाणु नुकीले (pointly) तथा ऊबड़ –खाबड़ हो सकते हैं, जिन्हें अग्नि ने जख्मी किया हो .

फिर भी, ग्रीक के लोगों ने केवल 4 तत्व ही चुने, क्योंकि ये अर्थ रखते हुए प्रतीत हुए. उनके पास कोई प्रमाण नहीं था कि वास्तव में संसार इनसे निर्मित हुआ है.

बॉयल ने 1661 में एक पुस्तक में लिखा कि तत्वों की खोज प्रयोगों द्वारा होनी चाहिये. रसायनज्ञ को प्रत्येक वस्तु को सरलतम संभव पदार्थ में विघटित करने का प्रयत्न करना चाहिये. जब उन्हें कुछ ऐसा प्राप्त हो जाये जो और अधिक विघटित न हो सके, वह तत्व था.

बॉयल की पुस्तक के प्रकाशित होने के पश्चात्, रसायनज्ञों ने पदार्थों के साथ प्रयोग करके तत्वों की खोज-बीन प्रारंभ कर दी. 1700 के अंत तक, उन्होंने लगभग 30 तत्वों की खोज कर ली थी.

सामान्य धातुओं में अधिंकाश जैसे कि ताम्र (copper), चांदी (silver), लौह (iron), वंग (tin), सीसा (lead), एवं पारा (mercury), तत्व हैं. ये धातुएँ ग्रीक के लोगों को ज्ञात थी, परन्तु 18 वीं शताब्दी के रसायनज्ञों ने भी नवीन धातु तत्व जैसे कि निकल (nickel), कोबाल्ट (cobalt) एवं यूरेनियम (uranium) को खोजा.

रसायनज्ञों ने यह भी खोजा कि वायु दो गैसों, ऑक्सीजन (oxygen) एवम नाइट्रोजन (nitrogen) का मिश्रण (mixture) है. प्रत्येक तत्व है. अन्य गैस जो तत्व है, वह हाइड्रोजन (hydrogen) है. कुछ ऐसे भी तत्व हैं जो न ही धातु हैं और न ही गैस हैं. कार्बन (carbon), गंधक (sulphur), एवम फोस्फोरस (phosphorous) इसके उदाहरण हैं.

क्या ऐसा हो सकता है कि प्रत्येक तत्व में विभिन्न प्रकार के परमाणु हों? क्या रजत परमाणु तथा निकल परमाणु तथा ऑक्सीजन परमाणु तथा गंधक परमाणु हो सकते हैं.

सम्पूर्ण 18 वीं शताब्दी के दौरान, कुछ रसायनज्ञों ने इस पर विचार किया. यद्यपि बॉयल एवम कुछ अन्य परमाणुविद ऐसे थे, अधिकांश रसायनज्ञ ऐसे नहीं थे. उन्होंने नवीन तत्वों की खोज के लिये प्रयत्न किये तथा उनके व्यवहार के अनुसार उनका अध्ययन किया. उन्होंने परमाणुओं में कोई दिलचस्पी नहीं रखी, क्योंकि उन्हें दृष्टिगत न होने वाले (दिखाई न देने वाले) सूक्ष्म वस्तुओं के अध्ययन की कोई उपयोगिता नहीं लगी.

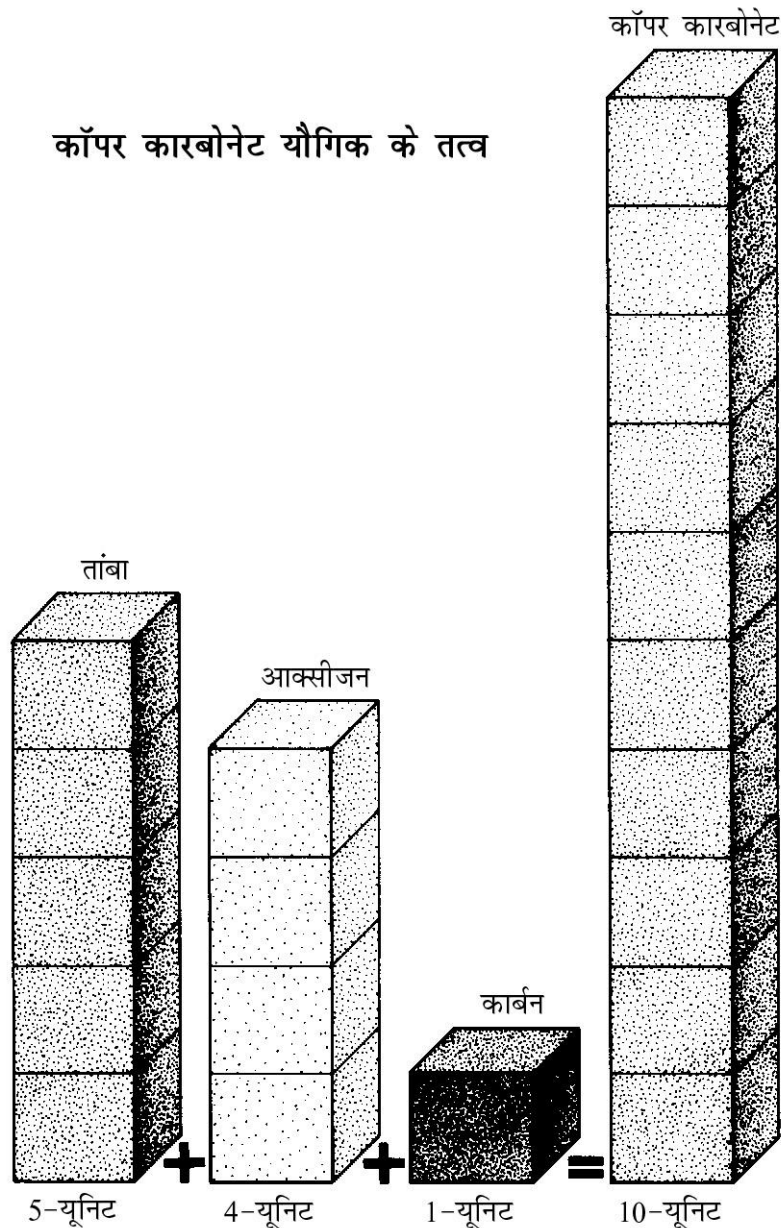
फिर भी, इसके लिये प्रमाण इकट्ठे होते गये. कुछ प्रमाण एक फ़्रांसिसी रसायनज्ञ, अन्टिने लौरेंट लवोइसिएर (Antoine Laurent Lavoisier) ने प्राप्त किये. 1782 में उसने खोजा कि जब एक पदार्थ का अन्य में परिवर्तन होता है, जैसे कि लकड़ी वायु में जल कर राख एवम धुएं में परिवर्तित हो जाती है, कुल (total) मात्रा में परिवर्तन नहीं होता. अंतिम राख एवम धुएं की मात्रा उतनी ही होती है जितनी कि मौलिक लकड़ी एवम वायु की. इसे "पदार्थ की अविनाशिता का नियम" (the law of consevation of matter) कहते हैं.

लवोइसिएर उन रसायनज्ञयों में से नहीं था, जिसकी दिलचस्पी परमाणुओं में रही हो, परन्तु उसकी खोज परमाणु की कल्पना के लिये उचित थी.

मानो कि डेमोक्रितुस सही था. मानो कि परमाणु न ही उत्पन्न किये जा सकते हैं और न ही उनका विनाश किया जा सकता है, और जो हो सकता है, उनकी व्यवस्था (arrangement) में परिवर्तन हो सकता है. लकड़ी और वायु में परमाणु किसी एक व्यवस्था में रहे. जब लकड़ी को जलाया गया, परमाणु अपनी व्यवस्था को राख एवम धुंए के लिये परिवर्तित कर लेंगे. तब भी सभी परमाणु वहां विद्यमान रहेंगें, यद्यपि उनकी कुल मात्रा में कोई परिवर्तन नहीं होगा.

यदि ऐसा है, हम आगे (further) भी पदार्थ का परीक्षण कर सकते हैं. कुल मात्रा को उपयोग करने के स्थान पर, हम प्रत्येक तत्व की मात्रा प्रथक से माप सकते हैं तथा देख सकते हैं कि ऐसी स्थिति में परिवर्तन से क्या होता है.

एक फ़्रांसिसी रसायनज्ञ, जोसफ लुइस प्रौस्ट (Joseph Louis Proust) ने इसका प्रयत्न किया. फ्रांस में 1789 में हिंसात्मक क्रांति (violent revolution) प्रारंभ होने के कारण उसने फ्रांस को छोड़ना सुरक्षित

समझा, तथा स्पेन (Spain) में कार्य किया. (यह अभागा लवोइसिएर था जिसने फ्रांस नहीं छोड़ा तथा 1794 में उसका सर काट दिया गया).

एक चीज जिसे प्रौस्ट ने खोजा, वह तीन तत्व ताम्र, कार्बन, एवम ऑक्सीजन को संलग्न (combined) करके एक "यौगिक" (compound) बना सका, जिसे कॉपर कार्बोनेट (copper carbonate) कहते हैं. यौगिक वह पदार्थ है जो विभिन्न तत्वों को संलग्न करने से बनता है). इसे करने के लिये, उसने ताम्र 5 ग्राम (gram), ऑक्सीजन 4 ग्राम तथा कार्बन 1 ग्राम लिया. अंत में उसे 10 ग्राम कॉपर कार्बोनेट प्राप्त हुआ, क्योंकि कुल मात्रा में कोई परिवर्तन नहीं हुआ.

तथापि, प्रौस्ट ने देखा कि उसने इन तत्वों को एक साथ रखने की कोई भी विधि प्रयोग में ली, उसे सदैव ही सामान अनुपात का उपयोग करना पड़ा. यह सदैव ही ताम्र 5 ग्राम (gram), ऑक्सीजन 4

ग्राम तथा कार्बन 1 ग्राम रहा. यदि उसने किसी अन्य अनुपात में प्रारंभ किया, तत्वों में से 1 अथवा 2 सदैव शेष रहे.

प्रौस्ट निरंतर यह दर्शाता रहा कि यह अन्य यौगिकों के लिये भी सत्य है. ये सदैव तत्वों के निश्चित अनुपात से बनते हैं और किसी से नहीं. 1799 तक, प्रौस्ट निश्चित था कि यह सभी यौगिकों के लिये सत्य है. उसकी खोज को "निश्चित अनुपात का नियम" (law of definite proportion) कहते हैं.

प्रौस्ट की परमाणुओं में दिलचस्पी नहीं थी, परन्तु तुम देख सकते हो कि यहाँ वे कहाँ स्थान रखते हैं. मानो कि, सभी तत्व परमाणुओं से बने हैं, तथा परमाणु सूक्ष्म टुकड़ों में विघटित नहीं किये जा सके. जब तत्व किसी यौगिक को बनाने के लिये संयोजित हुए, तो एक तत्व के इतने परमाणु अन्य तत्व के इतने परमाणुओं के साथ संयोजित होंगे.

जॉन डाल्टन (John Dalton) नाम के एक अंग्रेज रसायनज्ञ के मस्तिष्क में परमाणुओं एवम "निश्चित अनुपात के नियम" के मध्य सम्बन्ध का विचार आया. उसकी रुचि गैसों में थी तथा बॉयल के प्रयोगों से पूर्ण परिचित था. उसने देखा कि वायु एवम अन्य गैसों के व्यवहार को स्पष्ट करने का अत्यंत सरल उपाय है कि माना जाये कि वे सब परमाणुओं से बनी हैं. उसने यह भी देखा कि निश्चित अनुपात का नियम उचित है, यदि यह माना जाये कि सभी तत्व परमाणुओं से बने हैं.

डाल्टन ने स्वयं ही तत्वों के संयोजन का अध्ययन किया तथा उसने कुछ नया पाया. कितनी बार 2 तत्वों ने विभिन्न अनुपतों में संयोजन किया.

उदहारणतः, एक विशेष गैस बनाने के लिये, कार्बन के 3 ग्राम ने ऑक्सीजन के 4 ग्राम के साथ संयोजन किया. दूसरी ओर, एक अन्य गैस बनाने के लिये, कार्बन के 3 ग्राम ने ऑक्सीजन के 8 ग्राम के साथ संयोजन किया.

अनुपात भिन्न हैं, परन्तु तुम देखोगे कि 8, 4 की अपेक्षा ठीक दोगुना है. डाल्टन को आश्चर्य हुआ कि क्या प्रथम स्थिति में, कार्बन के 1 परमाणु ने ऑक्सीजन के 1 परमाणु के साथ संयोजन किया, जबकि दूसरी स्थिति में, कार्बन के 1 परमाणु ने ऑक्सीजन के 2 परमाणुओं के साथ संयोजन किया.

आजकल, 2 गैसों के जो नाम हैं, इस विचार का समर्थन करते हैं. कार्बन के 3 ग्राम एवम ऑक्सीजन के 4 ग्राम, "कार्बन मोनो-ऑक्साइड" (carbon mono-oxide) बनाते हैं, जबकि कार्बन के 3 ग्राम तथा ऑक्सीजन के 8 ग्राम "कार्बन डाई -ऑक्साइड" (carbon di-oxide) बनाते हैं. उपसर्ग/उपपद "मोन" (mon) का अर्थ "एक" (one) तथा "डाई" (di) का अर्थ दो (two) है.

डाल्टन ने इस प्रकार की अन्य स्थितियों को ज्ञात किया. हाइड्रोजन के 1 ग्राम कार्बन के 6 ग्राम के साथ संयोजन करके एक अन्य गैस बना सकता है, जिसे ईथीलीन (ethylene) कहते हैं. पुनः, देख सकते हैं कि 6, 3 की अपेक्षा ठीक दोगुना है.

जब भी डाल्टन ने तत्वों को विभिन्न अनुपातों में संयोजन करते पाया, उच्च अनुपात सदैव ही निम्न अनुपात के सरल गुणात्मक थे - वे 2-गुणा अथवा 3-गुणा अधिक थे. डाल्टन की इस खोज को "गुणज अनुपातों का नियम" (law of multiple proportions) कहते हैं, तथा उसने 1803 में इसकी घोषणा की.

डाल्टन ने देखा कि "गुणज अनुपातों के नियम" में तथ्य है, यदि तुम विचार करो कि एक तत्व के 1 परमाणु, 2 परमाणु, अथवा 3 परमाणु, अन्य तत्व के 1 परमाणु के साथ संयोजन कर सकें, परन्तु कभी भी 2.5 परमाणु अथवा इसी प्रकार से नहीं करें. उसने विचार किया कि यह अंतिम साक्ष्य है जिसकी आवश्यकता है यह दर्शाने के लिये कि तत्व परमाणुओं के रूप में संयोजन करते हैं तथा उनको और सूक्ष्म कणों में विघटित नहीं किया जा सकता.

1808 में, डाल्टन ने एक पुस्तक प्रकाशित की, जिसमे उसने परमाणुओं के विषय में अपने विचारों का उल्लेख किया. इस पुस्तक के कारण, परमाणुओं की खोज एवं परमाणविक सिद्धान्त (theory) का श्रेय (credit) अधिकतर डाल्टन को जाता है.

यह तुम्हे अदभुत लगेगा, क्योंकि ये विचार वही थे, जो 2000 से भी अधिक वर्ष पूर्व, लयूसिप्पुस तथा डेमोक्रितुस के थे.

तुम देखो, वहां कुछ अंतर है. लयूसिप्पुस तथा डेमोक्रितुस केवल अपना मत दे रहे थे. उनके पास कोई साक्ष्य नहीं था, अतः किसी ने भी उनका विश्वास नहीं किया, तथा वास्तव में कठिनता से ही किसी ने विश्वास किया हो.

फिर भी, डाल्टन ने उन सभी रासायनिक प्रयोगों को किया, जिनको परमाणुओं के अस्तित्व को मानकर समझाया जा सका. उसने दर्शाया कि उनको किस प्रकार बॉयल के नियम, पदार्थ के अविनाशिता के नियम, निश्चित अनुपात के नियम तथा गुणज अनुपातों के नियम को स्पष्ट किया जा सकता है.

जब परमाणु की धारणा (notion), विभिन्न निर्णयों को स्पष्ट कर सकती है, तथा ये निष्कर्ष किसी अन्य विधि से स्पष्ट नहीं किये गए हों, तब धारणा को नकारना कठिन है. अब लोगों ने विश्वास करना प्रारंभ कर दिया था, कि वास्तव में परमाणु अस्तित्व में हैं. डाल्टन की अपनी पुस्तक प्रकाशित होने के पश्चात्, अधिक से अधिक रसायनज्ञ परमाणुओं की कल्पना को स्वीकार करने लगे, तथा शीघ्र ही लगभग सभी रसायनज्ञों ने इसे स्वीकारा. यही कारण है कि परमाणविक सिद्धान्त के लिये डाल्टन को श्रेय दिया गया.

3. परमाणुओं का भार (The Weight of Atoms)

डाल्टन को आश्चर्य हुआ कि ऐसा क्या है जिसके कारण विभिन्न तत्वों के परमाणु एक दूसरे से भिन्न हैं. लवोइसिएर, प्रौस्ट तथा डाल्टन जैसे लोगों ने जो प्रयोग किये उनमे विभिन्न पदार्थों के भार निहित रहे. संभवतः, विभिन्न परमाणुओं के भार की गणना करना संभव था. संभवतः, इस कारण से परमाणु एक दूसरे से भिन्न थे.

तथापि, कोई भी अकेले परमाणु का भार नहीं कर पाया. यह देखने के लिये अति सूक्ष्म था, तथा इसके साथ प्रयोग करने के लिये तो यह निश्चित रूप से अति सूक्ष्म था. यद्यपि विभिन्न परमाणुओं के भार को एक दूसरे के साथ तुलना की जा सकी .

उदहारणतः, हाइड्रोजन (hydrogen) का 1 ग्राम, ऑक्सीजन (oxygen) के 8 ग्राम के साथ संयोजन करके जल बनाता है. माना कि, तुम जल के लिये परमाणुओं की सरलतम व्यवस्था का विचार करते हो - हाइड्रोजन का 1 परमाणु, ऑक्सीजन के 1 परमाणु के साथ संयोजन करता है. इस स्थिति में, अर्थ होगा कि प्रत्येक ऑक्सीजन परमाणु, प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु से 8 गुणा भारी है. यदि तुम हाइड्रोजन परमाणु के भार को 1 से दर्शाते हो, तो ऑक्सीजन परमाणु के भार को 8 से दर्शाना होगा.

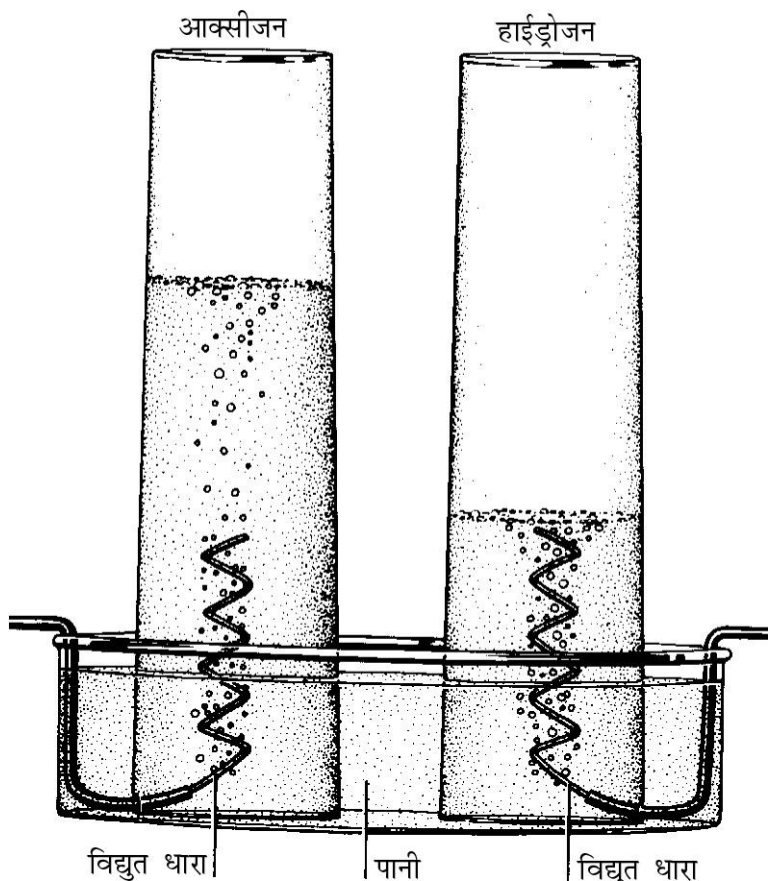
डाल्टन अन्य तत्वों के संयोजनों के भारों की तुलना करता रहा, तथा गणना करता रहा कि हाइड्रोजन की तुलना में प्रत्येक परमाणु कितना भारी है. (सभी परमाणुओं में हाइड्रोजन सबसे हल्का निकला).

फिर भी, डाल्टन ने एक गलती कर दी. यह निष्कर्ष निकला कि जल प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु के साथ 1 ऑक्सीजन परमाणु से नहीं बना है.

1800 में, अलेस्संद्रो वोल्टा (Alessandro Volta) नाम के एक इताल्वी (Italian) वैज्ञानिक ने प्रथम विद्युत् बैटरी (elecric battery) को एक साथ रखा. इसने विद्युत् धारा को उत्पन्न किया जिसे कुछ विशेष पदार्थों के माध्यम से प्रवाहित किया जा सका. एक वर्ष पूर्ण होने के पूर्व, विलियम निकोल्सन (William Nicholson) नाम के एक अंग्रेज वैज्ञानिक ने इस खोज के विषय में सुना. उसने अपनी स्वयं की बैटरी बनायीं तथा जल में विद्युत् धारा प्रवाहित की.

निकोल्सन ने पाया कि जब विद्युत् धारा जल में प्रवाहित हुई, जल हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन में विच्छेदित हो गया. उसने प्रथक से 2 गैसों को इकट्ठा किया तथा पाया कि हाइड्रोजन का आयतन (volume) (लिया गया स्थान), ऑक्सीजन के आयतन से दो गुणा था.

1809 में, जोसफ लुइस गे-लुस्सक (Joseph Louis Gay-Lussac) नाम के एक फ़्रांसिसी रसायनज्ञ ने देखा कि गैसें सदैव लघु पूर्ण संख्या (whole small number) में लिखे जाने योग्य आयतन में संयोजित होती प्रतीत होती हैं. जब हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन ने जल बनाने के लिये संयोजन किया, हाइड्रोजन का आयतन ऑक्सीजन के आयतन से ठीक दो-गुणा था. जब हाइड्रोजन एवं क्लोरीन (chlorine) ने

हाइड्रोजन-क्लोराइड (chloride) बनाने के लिये संयोजन किया, हाइड्रोजन का आयतन क्लोरीन के आयतन के बराबर था. जब नाइट्रोजन (nitrogen) एवं हाइड्रोजन ने अमोनिया (ammonia) बनाने लिये संयोजन किया, हाइड्रोजन का आयतन नाइट्रोजन के आयतन से ठीक तीन - गुणा था. इसे "संयोजन आयतन का नियम" (the law of combining volumes) कहते हैं.

1811 में, अमेडो अवोगाद्रो (Amedeo Avagadro) नाम के एक इतालवी (Italian) भौतिकविद (physicist) ने निर्णय किया कि वह "संयोजन आयतन का नियम" को स्पष्ट कर सकेगा, यदि विभिन्न गैसों का समान आयतन सदैव ही कणों की समान संख्या से बना हो. ये कण अलग-अलग हो सकते हैं, अथवा ये कणों के संयोग भी हो सकते हैं, जिन्हें "अणु" (molecule) कहते हैं. इसे "अवोगाद्रो की अवधारणा " (Avagadro's Hypothesis) कहते हैं.

यदि यह अवधारणा सही है, क्योंकि हाइड्रोजन के 2 आयतन ऑक्सीजन के 1 आयतन के साथ संयोग करते हैं, इसका अर्थ संभवतः होगा कि 2 हाइड्रोजन परमाणु एवं ऑक्सीजन का 1 परमाणु जल के 1 अणु को बनाते हैं, न कि प्रत्येक का 1 जैसा कि डाल्टन ने विचार किया था.

जल को बनाने में उपयुक्त ऑक्सीजन की मात्रा फिर भी हाइड्रोजन की मात्रा की तुलना में 8 गुणा अधिक थी. इसका अर्थ हुआ कि जल में ऑक्सीजन परमाणु का भार, हाइड्रोजन के 2 परमाणु के एक

साथ भार से 8 गुणा अधिक होना चाहिये. तब, ऑक्सीजन परमाणु का भार, हाइड्रोजन के 1 परमाणु के भार की तुलना में 16 गुणा भारी होना चाहिये. यदि हम हाइड्रोजन का भार 1 से प्रदर्शित करते हैं तो ऑक्सीजन का भार 16 होना चाहिये.

रसायनज्ञों ने जल के अणु में हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं की उपस्थिति को स्वीकार किया, परन्तु किसी ने भी अवोगाद्रो की अवधारणा की और ध्यान नहीं दिया. लगभग 50 वर्षों तक, रसायनज्ञ यह नहीं समझ पाये कि गुणज अनुपातों के नियम का क्या अर्थ है.

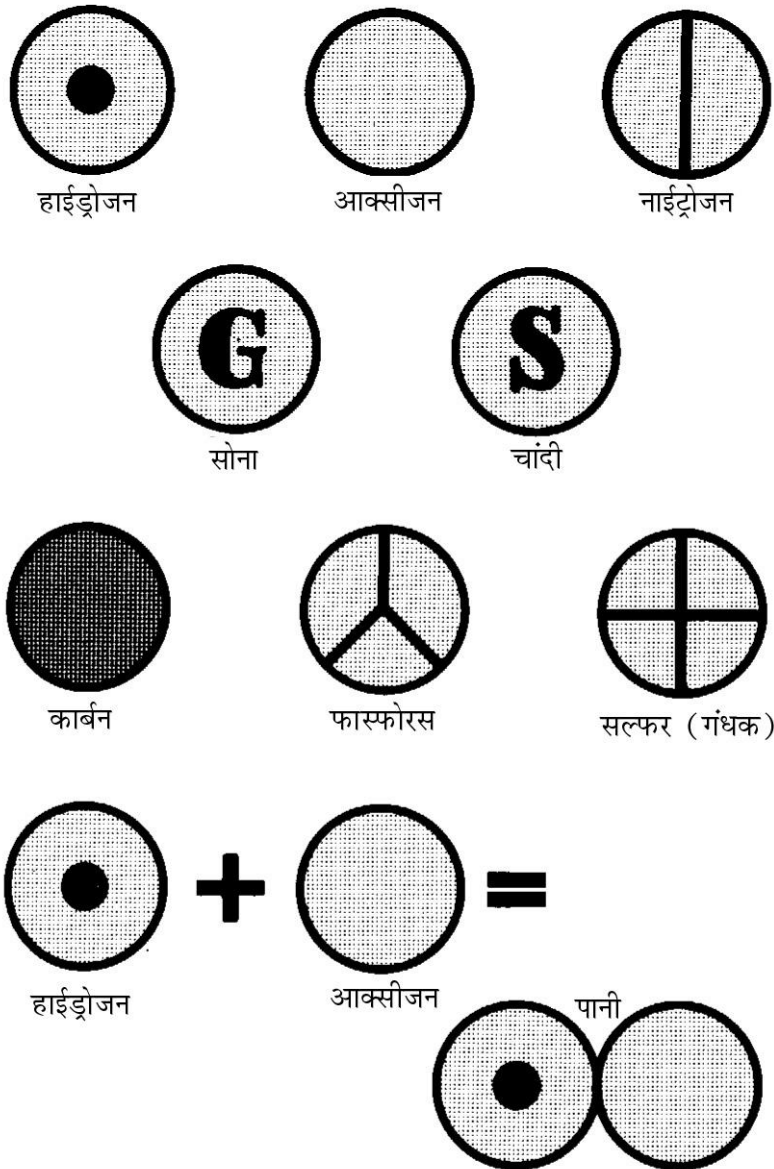
1820 तक, अनेक रसायनज्ञ तत्वों एवं परमाणुओं के विषय में चर्चा कर रहे थे कि उन्हें ऐसा प्रतीत होने लगा कि तत्वों के वर्णन के लिये किसी शॉर्टहैंड (shorthand) की आवश्यकता है. जब भी उन्हें जल को बनाने वाले कणों के विषय में चर्चा करनी होती थी, सदैव यह कहना इतना जटिल था कि "जल का 1 अणु , हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं एवं ऑक्सीजन के 1 परमाणु से बना है."

परमाणुओं को प्रदर्शित करने के लिये, डाल्टन ने लघु वृतों को उपयोग किया. उसने प्रत्येक भिन्न तत्व के परमाणु को भिन्न प्रकार के वृत से बनाया. एक तत्व केवल रिक्त वृत था, अन्य काला वृत था, कोई और तत्व बिंदु (dot) के साथ वृत था, और इसी प्रकार अन्य भी थे. यौगिक बनाने के लिये, विभिन्न परमाणु किस प्रकार संयोजन करते हैं, इसको दर्शाने के लिये, उसने विभिन्न वृतों को एक साथ रखा. यह एक सांकेतिक भाषा थी जो उपयुक्त होने में शीघ्र ही कठिन हो गयी, क्योंकि अधिक तत्वों एवं यौगिकों को प्रदर्शित करने की आवश्यकता पड़ गयी.

1813 में, जोन्स जकोब बेर्ज़ेलिउस (Jones Jakob Berzelius) नाम के एक स्वीडनवासी रसायनज्ञ को अधिक उपयुक्त विचार आया. उसने सुझाव दिया कि प्रत्येक तत्व को उसके लैटिन (Latin) नाम के प्रथम अक्षर से प्रदर्शित किया जाये. यदि 2 तत्व समान अक्षर से प्रारंभ होते हैं, नाम के दूसरे अक्षर का उपयोग किया जा सकता है. वह रासायनिक चिन्ह/प्रतीक होगा, जो तत्व तथा उसके एक परमाणु को भी प्रदर्शित करेगा.

अतः, ऑक्सीजन को O, नाइट्रोजन को N, कार्बन को C, क्लोरीन को Cl, गंधक (sulphur) को S, फोस्फोरस को P तथा इसी प्रकार अन्य तत्वों को प्रदर्शित किया जा सकता है. जब लैटिन नाम अंग्रेजी नाम से भिन्न थे, प्रतीक स्पष्ट नहीं था. उदाहरणतः, चूँकि स्वर्ण (gold) के लिये लैटिन नाम "ऑरम (aurum)" है, स्वर्ण के लिये रासायनिक चिन्ह/प्रतीक “Au” है.

बेर्ज़ेलिउस की प्रणाली का उपयोग करने पर, विभिन्न पदार्थों के अणुओं को प्रदर्शित करना सरल हो गया. उदहारणतः, H हाइड्रोजन के एक परमाणु को प्रदर्शित करता है, परन्तु यह पाया गया कि हाइड्रोजन गैस एकल (single) परमाणुओं से नहीं बनी है. यह अणुओं से बनी है, जिसका प्रत्येक अणु हाइड्रोजन के 2 अणुओं से बना है. अणु को H_2 के रूप में लिखा जा सकता है.

गैस के रूप में अन्य तत्व भी 2-परमाणु अणुओं के रूप में पाये गये. तुम ऑक्सीजन अणु, नाइट्रोजन अणु, तथा क्लोरीन अणु को क्रमशः O_2, N_2, Cl_2 लिख सकते हो.

अतः, एक से अधिक प्रकार के परमाणुओं से बने अणुओं के लिये संकेत लिखना सरल था. चूँकि जल अणु हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं तथा ऑक्सीजन के 1 परमाणु से बना है, इसको H_2O लिखा जा सका. कार्बन के 1 परमाणु एवं ऑक्सीजन के 2 परमाणुओं से बनी कार्बन डाइऑक्साइड को CO_2 तथा कार्बन मोनोऑक्साइड को CO द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं.

प्रौस्ट की तरह बेर्ज़ेलिउस ने किसी विशेष यौगिक को बनाने में उपयोग किये गये विभिन्न तत्वों के यथार्थ (exact) भारों की गणना के लिये मापन (measurements) किये. 1818 में, उसने एक तालिका

(table) प्रकाशित की , जिसे "परमाणु भार "कहा गया. बेर्ज़ेलिउस ने प्रौस्ट की अपेक्षा अधिक यौगिकों के परिक्षण किये, फिर भी वह अधिक शुद्धता के साथ गणना कर सका.

विभिन्न तत्वों के परमाणु भारों की गणना के लिये, बेर्ज़ेलिउस ने अपने मापन उपयोग किये. 1828 में, उसने एक तालिका (table) प्रकाशित की, जिसे "परमाणु भार"कहा गया. अधिकांश तत्वों के लिये, बेर्ज़ेलिउस की तालिका ठीक थी, परन्तु दुर्भाग्यवश उसने अवगाद्रो की गैसों के समान आयतन में कणों की एक सी संख्या होने की परिकल्पना पर ध्यान नहीं दिया. इस कारण से, कुछ स्थितियों में वह गुमराह रहा तथा 2 अथवा 3 परमाणु भार प्राप्त हुए जो पुर्णतः गल्त थे.

अन्य लोग भी गुमराह रहे, तथा लम्बे समय तक अनेक वैज्ञानिक कुछ तत्वों के लिये भिन्न परमाणु भार होने पर दृढ़ रहे. कुछ हाइड्रोजन परमाणु (H) एवं हाइड्रोजन अणु (H2) के मध्य भ्रमित रहे.

1860 तक, विभिन्न अणुओं की संरचना तथा उनके सूत्र (formulae) लिखने के विषय में बहुत से तर्क-वितर्क थे. ऐसा लगता था, जैसे कि परमाणु की सम्पूर्ण कल्पना को त्याग दिया जाये. यदि अणुवाद इतना जटिल है, तो यह ठीक नहीं होगा.

फरिएद्रिच अगस्त केकुले (Friedrich August Kekule) नाम के, एक जर्मन (German) रसायनज्ञ ने विचार किया कि इसका उत्तम उपाय यह है कि यूरोप के सभी रसायनज्ञों को एक साथ एकत्रित करके इस विषय पर तर्क-वितर्क किया जाये, तथा इसका हल खोजा जाये. अतः, 1860 में, जर्मनी के कार्लस्रुहे शहर में, प्रथम अंतर्राष्ट्रीय रसायन सम्मेलन (First International Chemical Congress) आयोजित हुआ. यह तब तक का वैज्ञानिकों का प्रथम सम्मेलन था. जर्मनी, फ्रांस, इंग्लॅण्ड/ग्रेट ब्रिटेन, इटली, रूस, एवं अन्य राष्ट्रों से 140 रसायनज्ञों ने इस सम्मेलन में भाग लिया.

उनमे से एक स्तानिस्लाव कान्निज्ज़रो (Stanislao Cannizzaro) नाम का एक इताल्वी रसायनज्ञ था. उसे अवगाद्रो के सिद्धांत के विषय में सब ज्ञात था, तथा वह सहमत था कि यदि रसायनज्ञ इस पर ध्यान दें, वे सब इस विषय पर अधिक ज्ञान रख सकेंगे.

उसने अपने विचारों को स्पष्ट रूप से लिखित पुस्तिका के रूप में रखा. सम्मेलन में अवगाद्रो के विषय में दमदार भाषण देने के पश्चात् उसने सभी उपस्थित रसायनज्ञों को वह पुस्तिका भेंट की. सभी बिन्दुओं को सावधानी पूर्वक वर्णन करते हुए, उसने प्रथक से भी कुछ महत्वपूर्ण रसायनज्ञों के साथ चर्चा की.

उसके प्रयास सफल हुए. रसायनज्ञों ने समझा, तथा पूर्व के वर्षों का भ्रम समाप्त होना प्रारंभ हुआ. उसी समय, जीन सेर्वैस सटास (Jean Servais Stas) नाम का एक बेल्जियन (Belgian) रसायनज्ञ, बेर्ज़ेलिउस की अपेक्षाकृत अधिक सावधानी के साथ परमाणु भारों की तालिका पर कार्य कर रहा था. उसने इतनी सावधानी से कार्य किया कि वह दर्शा सका कि ऑक्सीजन परमाणु, हाइड्रोजन परमाणु के

अपेक्षा ठीक 16 गुणा भारी नहीं है. यह उससे थोड़ा सा कम भारी है. यदि हाइड्रोजन परमाणु 1 था, तब ऑक्सीजन परमाणु 15.88 था.

तथापि, विभिन्न तत्वों में से ऑक्सीजन ने हाइड्रोजन की अपेक्षा अधिक तत्वों के साथ संयोजन किया, अतः सटास ने अपने समय के लगभग सभी तत्वों के साथ प्रयोग किये. उसके लिये ऑक्सीजन के परमाणु भार को निश्चितस/ठीक संख्या में लेना सुविधाजनक लगा. इसने अंकगणित को सरल बना दिया. सटास ने ऑक्सीजन के परमाणु भार को निश्चितस/ठीक 16 माना, इसका अर्थ हुआ कि हाइड्रोजन का परमाणु भार 1 के स्थान पर 1.008 होगा. यह प्रणाली 100 वर्षों तक निरंतर चलती रही.

सम्मेलन में कान्निज्ज़रो द्वारा अवगाद्रो की परिकल्पना/सिद्धांत को स्पष्ट करने के पश्चात्, सटास ने इसे अपनाया. सटास ने इसके अनुसार अपने परमाणु भारों की गणना की, तथा 1865 तक, ऐसी संख्याओं की आधुनिक तालिका बना सका. उस समय से, उसकी संख्याओं में संशोधन होते रहे, परन्तु केवल लघु (small).

4. परमाणुओं की व्यवस्था (The Arrangement of Atoms)

यद्यपि, परमाणु भारों की समस्या का समाधान हो चुका था, परमाणुओं के साथ केवल यही एक समस्या नहीं थी.

19वीं शताब्दी के आरंभिक वर्षों में अध्ययन किये गये यौगिक, कुछ ही परमाणु युक्त सरल अणुओं से बने थे. विभिन्न प्रकार के परमाणुओं को क्रम में रखना तथा यह बताना कि प्रत्येक के कितने थे, पर्याप्त था. जल अणु H_2O (हाइड्रोजन के 2 परमाणु एवं ऑक्सीजन का 1 परमाणु); अमोनिया अणु NH_3 था (नाइट्रोजन का 1 परमाणु एवं हाइड्रोजन के 3 परमाणु); हाइड्रोजन क्लोराइड अणु HCl था (हाइड्रोजन का 1 परमाणु एवं क्लोरीन का 1 परमाणु); गंधक के अम्ल (Sulphuric acid) का अणु H_2SO_4 था (हाइड्रोजन के 2 परमाणु, गंधक के 1 परमाणु, एवं ऑक्सीजन के 4 परमाणु).

फिर भी, कुछ स्थितियों में, परमाणुओं को केवल क्रमांक में रखना पेयाप्त नहीं था. 1824 में, जुस्तुस वोन लिएबिग एवं फ़्रिएद्रिच वोह्लेर (Justus von Liebig and Friedrich Wohler) नाम के 2 जर्मन रसायनज्ञ 2 विभिन्न यौगिकों पर प्रयोग कर रहे थे. प्रत्येक ने अपने यौगिक के लिये सूत्र निकाला, तथा प्राप्त किया कि किस किस तत्व के कितने कितने परमाणु हैं.

जब उन्होंने अपने परिणामों को घोषणा की, तो ज्ञात हुआ कि दोनों के यौगिकों के सूत्र एक ही हैं. प्रत्येक के अणु में समान अनुपात में सामान ही तत्व हैं - फिर भी, वे भिन्न प्रकार के यौगिक थे तथा भिन्न प्रकार से व्यवहार करते थे.

अपने समय का प्रसिद्ध रसायनज्ञ बेर्ज़ेलिउस (Berzelius) आश्चर्यचकित हो गया. उसने 2 रसायनज्ञों के कार्य को पुनः किया तथा पाया कि दोनों ही सही थे. एक ही अनुपात में बने समान तत्वों के ये यौगिक भिन्न थे. बेर्ज़ेलिउस ने उन्हें "आईसोमर" (isomers) कहा, जिसका ग्रीक में अर्थ है, "समान अनुपात" (equal proportions).

"आईसोमर के अन्य उदहारण मिले, ऐसा लगभग सदैव कार्बन परमाणु युक्त अणु में था. यह विशेषतः महत्वपूर्ण था क्योंकि जीवित जीवों में विद्यमान अणुओं में सामान्यतः कार्बन परमाणु रहता है. वास्तव में, बेर्ज़ेलिउस ने इन कार्बन युक्त अणुओं को विशाल पशुओं एवं जीवों से प्राप्त होने के कारण "कार्बनिक यौगिक" (organic compounds) कहा.

कार्बनिक यौगिकों के सूत्रों को ज्ञात करना कठिन पर कठिन होता गया. जबकि, कार्बन रहित (inorganic) अधिकांश अणु लघु थे, अतः उनकी संरचना को सरलता से ज्ञात किया जा सका. कार्बनिक यौगिक अनेक परमाणु युक्त बड़े अणुओं से बने थे. रसायनज्ञ उलझन में पड़ने लगे (भ्रमित होने लगे), कि बड़े कार्बनिक अणुओं में प्रत्येक प्रकार के कितने परमाणु विद्यमान हैं. उनकी कुछ संख्या मिलने पर भी, उन्होंने पाया कि C_2H_6O जैसे समान सम्मिश्रण (combination) अनेक "आईसोमर" प्रदर्शित कर सकते हैं.

अतः, अणु में परमाणुओं की संख्या को बताना पर्याप्त नहीं था. उन परमाणुओं को किसी विशेष व्यवस्था में रखना आवश्यक था. अतः, यदि विभिन्न अणुओं में सामान प्रकार के सामान संख्या में परमाणु हों, तब भी उनको विभिन्न तरीकों से व्यवस्थित किया जा सकता है. इस कारण से अणु भिन्न थे.

देखने में अणु एवं परमाणु दोनों ही अति सूक्ष्म थे, अतः, रसायनज्ञ किस प्रकार ज्ञात कर सकें कि परमाणु किस तरीके से अणुओं में व्यवस्थित हैं?

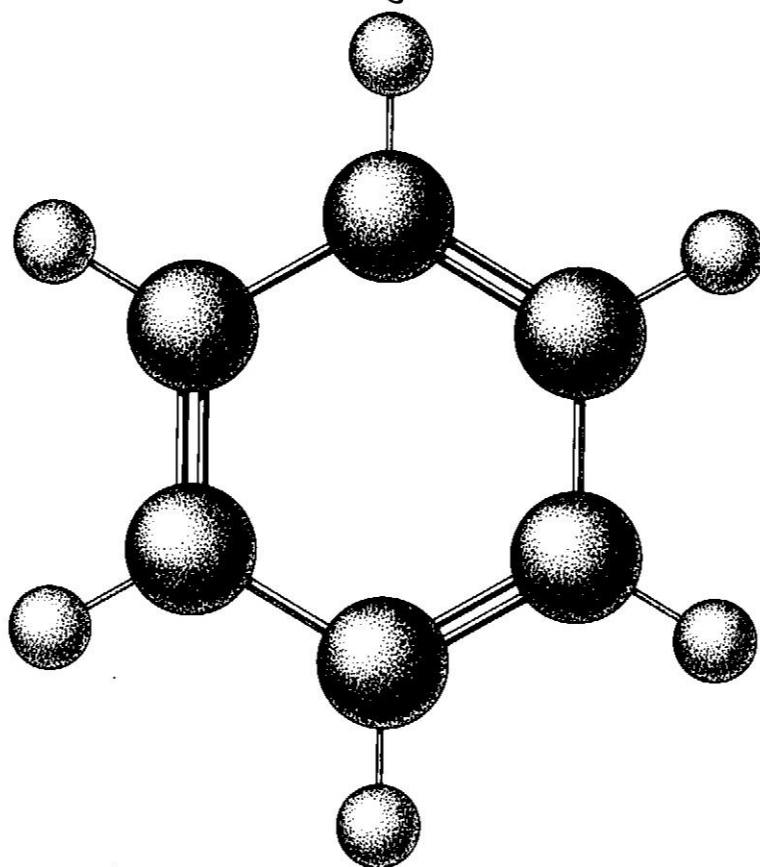
इस दिशा में सर्व प्रथम एडवर्ड फ्रंक्लैंड (Edward Frankland) नाम के एक अंग्रेज रसायनज्ञ ने प्रयास किया. उसने कार्बनिक अणुओं को कुछ धातुओं से संयोजित किया, तथा पाया कि किसी विशेष धातु के परमाणु ने सदैव कार्बनिक अणुओं की निश्चित संख्या के साथ संयोग किया.

1852 में उसने सुझाव दिया कि प्रत्येक भिन्न प्रकार के परमाणु में सामर्थ्य होनी चाहिये की वह अन्य परमाणुओं की एक निश्चित संख्या से अधिक के साथ संयोग न करे. प्रत्येक प्रकार का परमाणु निश्चित "संयोजकता" (valence) रखता है, valens लैटिन शब्द है जिसका अर्थ "सामर्थ्य" है.

उदारहणतः, हाइड्रोजन की संयोजकता 1 है. हाइड्रोजन का 1 परमाणु केवल 1 अन्य परमाणु के साथ संयोग कर सकता है. ऑक्सीजन की संयोजकता 2 है, अतः यह अन्य 2 परमाणुओं से संयोग कर सकता है. इसी प्रकार नाइट्रोजन की संयोजकता 3 है, कार्बन की संयोजकता 4 है.

1858 में, अर्चिबाल्ड स्कॉट कुपर (Archibald Scott Couper) नाम के एक स्कॉटलैंड के रसायनज्ञ ने सुझाव दिया कि प्रत्येक परमाणु को इस प्रकार देखा जाये जैसे कि उसके पास अपने "बंधन/बांड" (bonds) हैं, जिनके द्वारा यह अपने को अन्य परमाणुओं से संयोजित कर सके. चूँकि हाइड्रोजन की संयोजकता 1 है, हाइड्रोजन परमाणु के पास 1 बंधन/बांड है, जिसे H की तरह लिखा जा सकता है.

तब परमाणुओं के मध्य बंधन/बांड लगा कर अणुओं को प्रदर्शित किया जा सकता है. अतः, हाइड्रोजन अणु, हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं से बना है, H-H हो सकता है, जिसमे प्रत्येक परमाणु एक दूसरे पर अपनी पकड़ 1 बंधन/बांड से बनाये हुए है. कभी-कभी 2 परमाणुओं को संयुक्त करने/जोड़ने के लिये 1 से अधिक बंधन/बांड का उपयोग किया जा सकता है.

बेंजीन परमाणु का मॉडल

कभी-कभी बंधन/बांड में से कुछ का उपयोग नहीं होता. कार्बन मोनो ऑक्साइड CO है, जिसको C≡O की तरह लिखा जा सकता है. ऑक्सीजन के 2 बंधन/बांड हैं तथा वे उपयोग में आ गये, परंम्तु कार्बन के 4 बंधन/बांड हैं, तथा उनमे से 2 उपयोग में नहीं आ रहे हैं. फिर भी, कार्बन मोनो ऑक्साइड ऑक्सीजन के साथ संयोग करते हुए सरलता से जलती है, जिसमे कार्बन डाई-ऑक्साइड बनने के लिये प्रत्येक अनुपयोगित बंधन/बांड के युग्म/जोड़े के लिये 1 ऑक्सीजन के परमाणु को लिया जाता है. अणुओं को प्रदर्शित करने में परमाणु बंधन/बांड की विधि को सरलता से लघु अकार्बनिक यौगिकों

के लिये उपयोग कर सकते हैं. परन्तु, ये बड़े एवं उलझाने वाले कार्बनिक अणु हैं, जिनको वर्णित करना आवश्यक था.

केकुले (Kekule) ने संयोजकता सिद्धांत को कार्बनिक यौगिकों पर लागू करने का सुझाव दिया, तथा 1858 में उसने अपने परिणाम प्रदर्शित किये. उसने प्रत्येक कार्बन परमाणु के 4 बंधन/बांड के तथ्य को ध्यान में रख कर अनेक अणुओं को बताया/दर्शाया, जिनकी संरचना तब तक पहेली बनी हुई थी.

वह सही दिशा में है, इसको आश्वशत करने के लिये, उपयोग में होने वाले प्रत्येक तत्व के परमाणु भार के विषय में निश्चिन्त होना आवश्यक था. इस कारण से उसने प्रथम अंतर्राष्ट्रीय रसायन सम्मेलन (International Chemical Congress) का आयोजन किया. एक बार कान्निज्ज़रो (Cannizzaro) ने परमाणु भारों की समस्या का हल/समाधान कर दिया, तो केकुले आश्वशत था कि वह सही दिशा में है.

उदहारणतः, एसिटिक अम्ल (acetic acid) का अणु, जो सिरके (vinegar) को खट्टा स्वाद देता है, $C_2H_4O_2$ है.

केकुले के तंत्र/सिस्टम (system) के घोषित होते ही कार्बनिक यौगिकों सम्बंधित समस्याओं का समाधान तेजी से प्रारंभ हो गया. फिर भी एक सरल यौगिक एक पहेली बना रहा. वह बेंजीन (benzene) के परमाणुओं का मॉडल (model) था, जिसका सूत्र C_6H_6 है. कोई विधि दिखाई नहीं देती थी जिससे 6 कार्बन परमाणु एवं 6 हाइड्रोजन परमाणु केकुले के तंत्र/सिस्टम से संयोजित कर के बेंजीन के सामान व्यवहार योग्य एक अणु बना सकें.

केकुले इस समस्या से परेशान रहा, परन्तु समाधान नहीं मिला. तब, 1865 में एक दिन, वह घोड़े द्वारा खिंची गयी गाड़ी में जा रहा था तथा उसे नींद आ गयी (झपकी लग गयी). जबकि वह अर्धनिद्रा में था, उसे ऐसा लगा कि कार्बन परमाणुओं की एक श्रंखला उसके निकट सनसना/घरघरा रही है. अचानक, परमाणुओं के चक्र/छल्ला/रिंग (ring) बनाते हुए, एक श्रंखला ने पूंछ के सिरे को चोटी वाले सिरे से संलग्न कर लिया (जोड़ लिया). केकुले जाग गया तथा अनुभव किया कि उसे उत्तर मिल गया.

बेंजीन का सूत्र षटकोण/ षटभुज के सामान दिखता है.

1874 में, जकोबस हेनरिकुस वांट होफ्फ़ (Jacobus Henricus Vant' Hoff) नाम के एक डच (Dutch) रसायनज्ञ ने दर्शाया कि कार्बन परमाणु किस प्रकार वास्तविक स्थान/स्पेस (space) में रहते हैं, न कि केवल कागज के एक टुकड़े पर रेखांकित किये गए. सभी परमाणुओं को उचित/ठीक स्थान में तथा बंधों/बांडो को उचित/ठीक दिशा में रखते हुए अणुओं के 3-परिमाण (3-dimensional) मॉडल बनाना संभव हो सका.

5. परमाणुओं की वास्तविकता (The Reality of Atoms)

19 वीं शताब्दी के अंत तक, आणविक सिद्धांत की सभी समस्यायें समाप्त हो गयी थी. अधिक पर अधिक अणुओं की विस्तृत संरचना ज्ञात हो रही थी. कुछ अधिक जटिल कार्बनिक यौगिकों की संरचना ज्ञात हो रही थी.

प्रकृति में अनुपस्थित नवीन अणुओं को बनाने के लिये परमाणुओं को एक साथ रखने के लिये, रसायनज्ञ दिशा-निर्देश के लिये केकुले की प्रणाली का उपयोग कर रहे थे. कभी कभी ऐसे "संश्लेषित (synthetic) अणुओं" का उपयोग रंगों, सुगंधों, अथवा औषधियों में किया जा सका.

फिर भी, किसी ने भी परमाणु अथवा अणु को कभी नहीं देखा था. परमाणु अथवा अणु वर्णन वैसे ही रहे जैसे कि रसायनज्ञों ने पाया/ बताया. वे अत्यंत सरल विचार/भाव थे, परन्तु कोई भी नहीं जानता था कि परमाणु अथवा अणु वास्तव में कैसे दिखते हैं, वे कितने बड़े हैं, वे कितने भारी हैं, उनकी आकृति कैसी है, अथवा और किस प्रकार हैं. वांट होफ्फ़ के मित्र फ़्रिएद्रिच विलहेल्म ओस्टवाल्ड (Friedrich Wilhelm Ostwald) नाम के रुसी-जर्मन (Russian-German) रसायनज्ञ ने कहा कि परमाणुओं को इतनी गंभीरता से नहीं लेना चाहिये. वे एक उपयोगी विचार/भाव हैं, इसके अतिरिक्त कुछ नहीं. यद्यपि उसका मित्र वांट होफ्फ़ ने अणुओं के मॉडल बनाने की विधियाँ निकाली, ओस्टवाल्ड ने जोर दिया कि परमाणुओं के विद्यमान होने के कोई साक्ष्य नहीं हैं. क्या ओस्टवाल्ड को परमाणुओं के विद्यमान होने के लिये समझाने का कोई तरीका था?

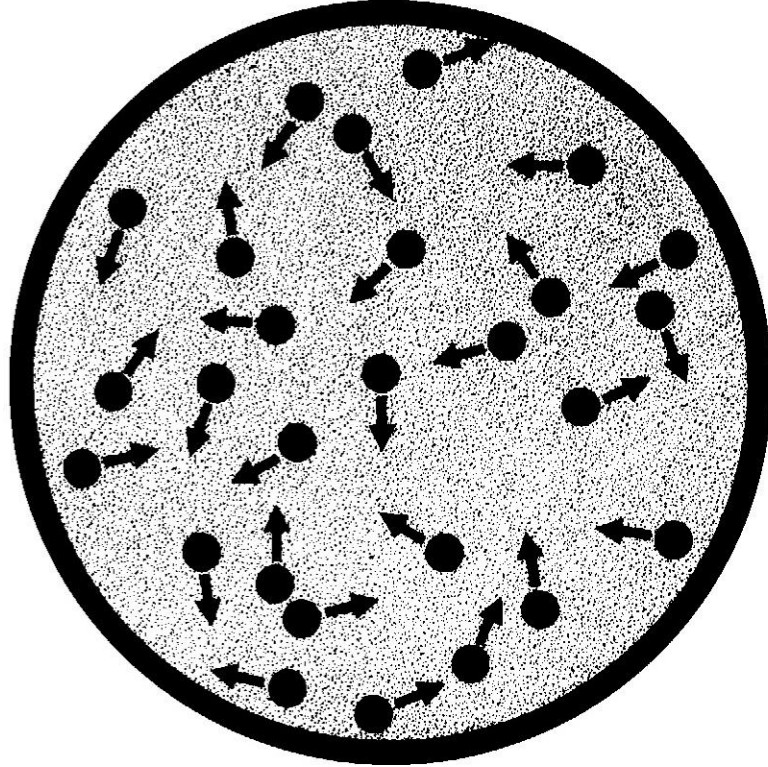
1827 में, रोबर्ट ब्राउन (Robert Brown) नाम का एक स्कॉटिश वनस्पतिज्ञ, जल में तैरते हुए पराग (pollen) के सूक्ष्म कणों को देखने के लिये सूक्ष्मदर्शी (microscope) का उपयोग कर रहा था. उसने देखा कि पराग के सूक्ष्म कण प्रत्येक दिशा में चल रहे थे. फिर भी, पराग के कण पौधों से आते हैं तथा उनमे सक्रिता (life) के धब्बे/दाग (specks) हैं, अतः, ब्राउन ने सोचा कि ये कण जीवित होने के कारण चल/घूम रहे हैं.

फिर भी, ब्राउन ने इसी प्रयोग को रंग (dye) के सूक्ष्म कणों के साथ करने का प्रयास किया, ये कण निश्चित तौर पर जीवित नहीं थे. वे बिलकुल उसी तरह चले/घूमे/फिरे. इस प्रकार की गति को "ब्रोवनियन गति" (Brownian motion) कहते हैं. 30 वर्ष से भी अधिक समय तक कोई नहीं जान सका कि इसका वर्णन किस प्रकार किया जाये.

1860 के लगभग, जेम्स क्लर्क मैक्सवेल (James Clerk Maxwell) नाम के एक स्कॉटिश गणितज्ञ ने गैसों के व्यवहार का अध्ययन किया. उसने दर्शाया कि वे केवल परमाणुओं अथवा अणुओं से ही नहीं बनी होनी चाहिये, परन्तु ये परमाणु अथवा अणु हर समय सभी दिशाओं में गतिशील होने चाहियें,

तथा वे एक दूसरे से टकराते रहना (bouncing) चाहिये. तापमान जितना अधिक होगा, परमाणु अथवा अणु उतने ही अधिक गतिशील होंगे, तथा वे अधिक जोर से टकरायेंगे.

जल जैसे द्रव्यों में, अणु सदैव ही गतिशील रहते हैं तथा टकराते भी रहते हैं, यद्यपि गैसों के समान इतनी सरलता से नहीं.

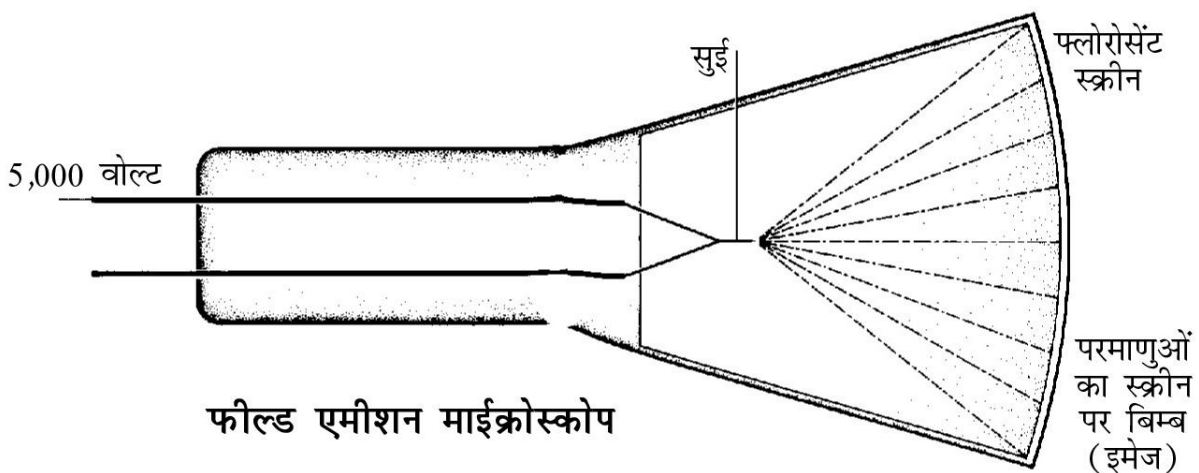
ब्राउनियन–मोशन (गतिशीलता)

कोई भी चीज जो जल द्वारा घिरी हुई हो, वह सभी ओर से परमाणुओं अथवा अणुओं द्वारा टक्कर खाती रहती है. विपरीत भाग से भी बिलकुल सामान संख्या में टक्कर होंगी, अतः टक्कर एक दूसरे को अधिकांशतः संतुलित कर देंगी. एक दिशा की अपेक्षा दूसरी दिशा से कुछ अधिक टक्कर हो सकती हैं, परन्तु परमाणु एवं अणु इतने हल्के होते हैं कि कुछ अधिक टक्कर से कोई अंतर नहीं पड़ता है, यदि टक्कर खाने वाली वस्तु पर्याप्त दीर्घ/बड़ी हो.

परन्तु मानो कि आपके पास जल में अत्यंत सूक्ष्म कण है. इसको सभी दिशाओं से टक्कर लगती है तथा, जब कुछ और जल के अणु एक अथवा अन्य दिशा से टकराते हैं, लघु कण को पर्याप्त धक्का (blow) लगेगा. पहले एक दिशा से कुछ अतिरिक्त टक्कर हो सकती हैं, इसके पश्चात् अन्य दिशा से, तत्पश्चात फिर अन्य दिशा से, तथा इसी प्रकार होता रहेगा. कण इस प्रकार पहले एक दिशा से धक्का खायेगा (shoved), फिर अन्य दिशा से, तत्पश्चात फिर अन्य दिशा से, और इसी प्रकार होता रहेगा.

आणविक टक्कर की दिशा अनुसार, सूक्ष्म कण निरन्तर (endlessly) झूलता/हिलता (jiggle) रहेगा. ब्रोवनियन गमन/गति (motion) का यही स्पष्टीकरण हैं (व्याख्या है).

1905 में, जर्मनी में जन्मे, अल्बर्ट आइंस्टीन (Albert Einstein) नाम के एक गणितज्ञ ने ब्राउनइअन गमन/गति द्वार गतिशील कणों के प्रश्न/ की समस्या का अध्ययन किया. उसे प्रतीत हुआ कि गतिशील कण जितना लघु है, वह अन्य टकराते हुए अणुओं द्वारा अधिक सरलता से इधर उधर धकेला जाता है, तथा एक निश्चित समय में वह अपनी मूल स्थिति से दूर धकेल दिया जाता है. और, गतिमान अणु जितने बड़े होंगे, उतनी ही सरलता से वे कण को धकेल देंगे तथा अधिक दूर धकेलेंगे.

फील्ड उत्सर्जन सूक्ष्मदर्शी (Field Emission Micriscope)

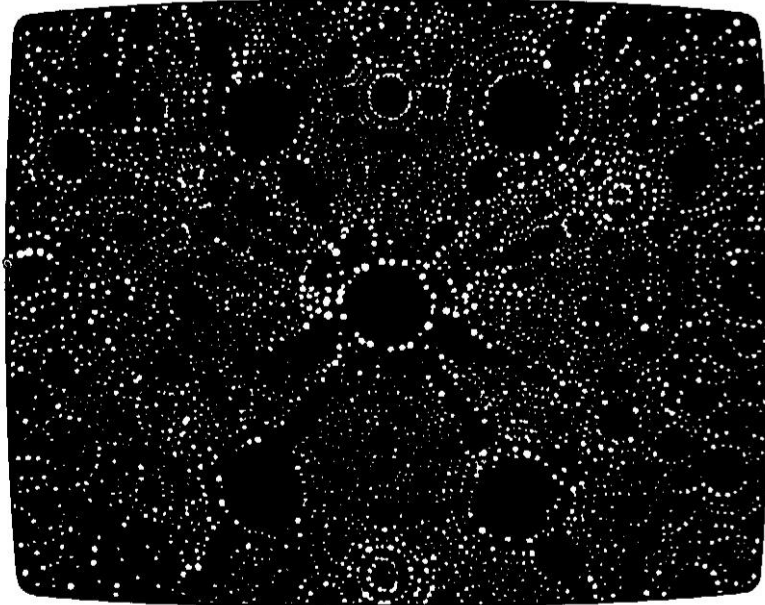
आइंस्टीन ने एक जटिल गणितीय अभिव्यक्ति/पद्संहती (mathematical expression) दी, जिसमे कण का माप/साइज़, जल के अणु माप/साइज़, एक निश्चत समय में कण द्वारा तय की गयी दूरी, आदि सम्मिलित थे. यदि कोई जल के अणु के माप/साइज़ के अतिरिक्त गणितीय अभिव्यक्ति (mathematical expression) के सभी भागों के लिये आंकड़े (figures) प्राप्त कर सका, तब कण के माप/साइज़ की गणना की जा सकती है.

1908में, जीन बप्तिस्ते पेर्रिन (Jean Baptiste Perrin) नाम के एक फ़्रांसिसी वैज्ञानिक ने इस प्रश्न का स्पष्टीकरण किया. उसने जल के पात्र में रम रेजिन (Rum resin) के लघु कणों को रखा. गुरुत्वाकर्षण ने कणों को पात्र के पेंदे की ओर खींचा, परन्तु ब्राउनइअन गमन/गति ने उन्हें ऊपर की ओर धकेले रखा.

आइंस्टीन के गणितिय व्यंजक (expression) के अनुसार, जैसे जैसे नीचे/पेंदी से एक कण ऊपर जायेगा, जल में कणों की संख्या एक निश्चित मान तक कम होती जायेगी. पेर्रिन (Perrin) ने विभिन्न ऊँचाइयों पर कणों को गिना तथा जल के अणु के परिमाण /साइज़ के अतिरिक्त, आइंस्टीन के गणितिय व्यंजक मे प्रत्येक के लिये संख्या देने में समर्थ रहा. तब वह इसके परिमाण /साइज़ की गणना कर सका.

इस प्रकार सर्व प्रथम, जल के अणु तथा जल को बनाने वाले परमाणुओं के परिमाण /साइज़ की गणना की जा सकी. इससे ज्ञात हो सका कि परमाणु एक सिरे से दूसरे सिरे तक लगभग 1 से०मी० का 1/100,000,000 भाग है. इसका अर्थ हुआ कि यदि 10 करोड़ (100 million) परमाणुओं को बराबर बराबर रखा जाये, वे 1 से०मी०लम्बी पंक्ति/लाइन बनायेंगे.

इसका अर्थ यह भी हुआ कि 1 लिटर जल में 30,000,000,000,000,000,000,000,000 जल अणु होंगे. यदि पूरी दुनिया में 4,000,000,000 लोगों में जल की 1 बूँद को बराबर बराबर बांटा जाये, तो प्रत्येक को लगभग 7,000,000,000,000 अणु प्राप्त होंगे.

जब पेर्रिन के प्रयोग की सूचना आयी, ओस्टवाल्ड (Ostwald) को अपना विचार छोड़ना पड़ा. ब्रोवनियन गमन/गति ने निश्चित रूप से यह संभव कर दिया कि व्यक्ति प्रयोग करते समय अणुओं को अलग अलग देख सके. फिर भी, अणुओं कों नहीं देखा जा सका, परन्तु उनके टकराने, धकेलने, इधर-उधर होने के परिणाम को देखा जा सका. अतः, पेर्रिन को धन्यवाद, कि इस बात का प्रमाण मिल गया कि अलग अलग परमाणु कितने बड़े थे.

फील्ड एमीशन माईक्रोस्कोप में टंगस्टन के क्रिस्टल के परमाणु छोटे चमकीले बिन्दियों जैसे दिखते हैं।

इसके पश्चात्, यथार्थ में, प्रत्येक वैज्ञानिक निश्चिन्त था कि परमाणु वास्तव में विद्यमान हैं तथा वे केवल कल्पना नहीं हैं.

1936 में, एर्विन विलहेल्म मुएलर (Erwin Wilhelm Mueller) नाम के एक जर्मन वैज्ञानिक ने "फील्ड एमिशन माइक्रोस्कोप" (Field Emission Microscope) का अविष्कार किया. इसमें वैक्यूम किये गए एक पात्र में बारीक़ सुईं की नोक का उपयोग किया गया.

जब गर्म किया गया, सुईं की नोक ने सूक्ष्म कण निष्काषित किये, जो नोक से सीधी लाइन में गये तथा रसायनों से आवरित (covered) स्क्रीन (screen) पर टकराये, तथा जब कण टकराये, तो रसायन चमके (glow). चमक से कोई यह कह सका कि सुईं की नोक की संरचना क्या है. मुएलर ने इस उपकरण को उत्कृष्ट किया तथा 1950 तक वह चमकते हुए स्क्रीन का फोटो (photo) ले सका, जिसने दर्शाया कि सुईं की नोक को बनाने वाले अलग अलग परमाणु लगभग पंक्ति (line) में थे.

अंततः, लोग परमाणु को देखने में सफल हो गये. जब तक उन्होंने ऐसा किया, यद्यपि वे जानते थे कि परमाणु वैसे नहीं है जैसा कि कभी विचार किया गया था. लयूसिप्पुस (Leucippus) एवं डेमोक्रितुस (Democritus) ने सोचा कि परमाणु अविभाज्य वस्तु हैं तथा संभव होने वाली लघुतम वस्तुएं हैं. (याद रखो कि शब्द "परमाणु" का अर्थ ही "अविभाज्य" है.)

डाल्टन ने भी ऐसा ही सोचा था, तथा सम्पूर्ण 19वी शताब्दी के दौरान, रसायनज्ञ निश्चिंत थे कि परमाणु लघुतम हैं. उन्होंने परमाणुओं को सूक्ष्म, कठोर, एवं चिकनी गेंदों की तरह होने की कल्पना की, जो न ही टूट सकती थी और न ही मार्क की जा सकती थी.

तब, जैसे ही 19वी शताब्दी समाप्त हुई, ज्ञात हुआ कि आखिरकार ऐसा नहीं है. परमाणु अनेक प्रकार के और अधिक सूक्ष्म "उप परमाणु कणों" से बना है. एक महत्वपूर्ण उप-कण "इलेक्ट्रान" है. यह हाइड्रोजन परमाणु की अपेक्षा केवल 1/1837 भारी है, जो सूक्ष्मतम परमाणु है. मुएलर के प्रथम "फील्ड एमिशन माइक्रोस्कोप (Field Emission Microscope)" की सुई की नोक से बाहर निकले कण इलेक्ट्रान थे.

आजकल वैज्ञानिक जानते हैं कि परमाणु अपने केंद्र में एक लघु नुक्लयूस रखते हैं. इस लघु नुक्लयूस का भार लगभग सम्पूर्ण परमाणु के भार के बराबर होता है. इसके चारो ओर अनेक अत्यंत हल्के न्यूट्रॉन होते हैं. जिस प्रकार वैज्ञानिकों ने खोजा कि परमाणु का अन्तः भाग किस प्रकार दिखता है, यह एक जटिल कहानी है. इसको विस्तार से कहने के लिये, अन्य पुस्तक की आवश्यकता है.

तत्व, उनके सूत्र, परमाणु संख्या, तथा परमाणु भार

तत्व का नाम	परमाणु संख्या	परमाणु भार	तत्व का नाम	सूत्र	परमाणु संख्या	परमाणु भार
एक्टिनियम	89	[227]	मरकरी (पारा)		80	200.59
एल्युमीनियम	13	26.98	मॉलिब्डेनम		42	95.94
अमेरिसियम	95	[243]	नीयोडिमियम		60	144.24
एंटीमनी	51	121.75	नीयन		10	20.183
आर्गन	18	39.948	नेप्टुनियम		93	[237]
आर्सेनिक	33	74.9216	निकल		28	58.71
असटाटाईन	85	[210]	नाइओबियम		41	92.906
बेरियम	56	137.34	नाइट्रोजन		7	14.0067
बर्केलियम	97	[249*]	(नॉबेलियम)		(No)	102
बेरिलियम	4	9.0122	ऑस्मियम		76	190.2
बिस्मथ	83	208.98	ऑक्सीजन		8	15.9994
बोरोन	5	10.811	पैलेडियम		46	106.4
ब्रोमिन	35	79.909	फॉस्फोरस		15	30.9738
कैडमियम	48	112.40	प्लैटिनम		78	195.09
कैल्शियम	20	40.08	प्लूटोनियम		94	[242]
कैलिफोर्नियम	98	[251]	पॉलोनियम		84	[210]
कार्बन	6	12.01125	पोटैशियम		19	39.102
सिरियम	58	140.12	प्रेसियोडीमियम		59	140.907
सेसियम	55	132.905	प्रोमेथियम		61	[147]

क्लोरीन	17	35.453	प्रोटैक्टीनियम	91	[231]
क्रोमियम	24	51.996	रेडियम	88	[226]
कोबाल्ट	27	58.9332	रैडोन	86	[222]
कॉपर	29	63.54	रहेनियम	75	186.2
क्यूरियम	96	[247]	रहोडीयम	45	102.905
डिस्प्रोसियम	66	162.50	रुबिडियम	37	85.47
आइंस्टिनियम	99	[254]	रुथेनियम	44	101.07
अर्बियम	68	167.26	समैरियम	62	150.35
युरोपियम	63	151.96	स्कैंडियम	21	44.956
फेर्मियम	100	[253]	सेलिनियम	34	78.96
फ्लूओरिन	9	18.9984	सिलिकॉन	14	28.086
फ्रैनशियम	87	[223]	रजत (silver)	47	107.87
गैडोलीनियम	64	157.25	सोडियम	11	22.9898
गैलियम	31	69.72	स्ट्रोंशियम	38	87.62
जर्मेनियम	32	72.59	सल्फर (गंधक)	16	32.064
स्वर्ण (gold)	79	196.967	टैंटलम	73	180.948
हेफ़नियम	72	178.49	टेकनेटियम	43	[99]
हीलियम	2	4.0026	टेल्यूरियम	52	127.60
होलियम	67	164.930	टर्बियम	65	158.924
हाइड्रोजन	1	1.00 797	थैल्लियम	81	204.37
इण्डियम	49	114.82	थोरियम	90	232.038
आयोडीन	53	125.9044	थुलियम	69	168.934

इरीडियम	77	192.2	वंग (tin)	50	118.69
लोह (iron)	26	55.847	टाइटेनियम	22	47.90
क्रीप्टोन	36	83.80	टंगस्टन	74	183.85
लैंथानम	57	138.91	यूरेनियम	92	238.03
लॉरेंशियम	103	[257]	वनैडियम	23	50.942
सीसा (lead)	82	07.19	जेनोन	54	131.30
लिथियम	3	6.939	येटर्बियम	39	88.905
लुटेटियम	71	174.97	यट्रियम	39	88.905
मैग्नीशियम	12	24.312	जस्ता (zinc)	30	65.37
मैंगनीज	25	54.9380	ज़िरकोनियम	40	91.22
मेंडेलेवियम	101	[256]			

तत्व, उनके चिन्ह, आणविक संख्या, आणविक भार

Name of element	Sym-bol	Atomic number	Atomic weight	Name of element	Sym-bol	Atomic number	Atomic weight
Actinium	Ac	89	[227]	Mercury	Hg	80	200.59
Aluminium	Al	13	26.9815	Molybdenum	Mo	42	95.94
Americium	Am	95	[243]	Neodymium	Nd	60	144.24
Antimony	Sb	51	121.75	Neon	Ne	10	20.183
Argon	Ar	18	39.948	Neptunium	Np	93	[237]
Arsenic	As	33	74.9216	Nickel	Ni	28	58.71
Astatine	At	85	[210]	Niobium	Nb	41	92.906
Barium	Ba	56	137.34	Nitrogen	N	7	14.0067
Berkelium	Bk	97	[249*]	(Nobelium)	(No)	102	
Beryllium	Be	4	9.0122	Osmium	Os	76	190.2
Bismuth	Bi	83	208.980	Oxygen	O	8	15.9994
Boron	B	5	10.811	Palladium	Pd	46	106.4
Bromine	Br	35	79.909	Phosphorus	P	15	30.9738
Cadmium	Cd	48	112.40	Platinum	Pt	78	195.09
Calcium	Ca	20	40.08	Plutonium	Pu	94	[242]
Californium	Cf	98	[251]	Polonium	Po	84	[210]
Carbon	C	6	12.01115	Potassium	K	19	39.102
Cerium	Ce	58	140.12	Praseodymium	Pr	59	140.907
Cesium	Cs	55	132.905	Promethium	Pm	61	[147]
Chlorine	Cl	17	35.453	Protactinium	Pa	91	[231]
Chromium	Cr	24	51.996	Radium	Ra	88	[226]
Cobalt	Co	27	58.9332	Radon	Rn	86	[222]
Copper	Cu	29	63.54	Rhenium	Re	75	186.2
Curium	Cm	96	[247]	Rhodium	Rh	45	102.905
Dysprosium	Dy	66	162.50	Rubidium	Rb	37	85.47
Einsteinium	Es	99	[254]	Ruthenium	Ru	44	101.07
Erbium	Er	68	167.26	Samarium	Sm	62	150.35
Europium	Eu	63	151.96	Scandium	Sc	21	44.956
Fermium	Fm	100	[253]	Selenium	Se	34	78.96
Fluorine	F	9	18.9984	Silicon	Si	14	28.086
Francium	Fr	87	[223]	Silver	Ag	47	107.870
Gadolinium	Gd	64	157.25	Sodium	Na	11	22.9898
Gallium	Ga	31	69.72	Strontium	Sr	38	87.62
Germanium	Ge	32	72.59	Sulphur	S	16	32.064
Gold	Au	79	196.967	Tantalum	Ta	73	180.948
Hafnium	Hf	72	178.49	Technetium	Tc	43	[99]
Helium	He	2	4.0026	Tellurium	Te	52	127.60
Holimum	Ho	67	164.930	Terbium	Tb	65	158.924
Hydrogen	H	1	1.00797	Thallium	Tl	81	204.37
Indium	In	49	114.82	Thorium	Th	90	232.038
Iodine	I	53	125.9044	Thulium	Tm	69	168.934
Iridium	Ir	77	192.2	Tin	Sn	50	118.69
Iron	Fe	26	55.847	Titanium	Ti	22	47.90
Krypton	Kr	36	83.80	Tungsten	W	74	183.85
Lanthanum	La	57	138.91	Uranium	U	92	238.03
Lawrencium	Lw	103	[257]	Vanadium	V	23	50.942
Lead	Pb	82	207.19	Xenon	Xe	54	131.30
Lithium	Li	3	6.939	Ytterbium	Yb	70	173.04
Lutetium	Lu	71	174.97	Yttrium	Y	39	88.905
Magnesium	Mg	12	24.312	Zinc	Zn	30	65.37
Manganese	Mn	25	54.9380	Zirconium	Zr	40	91.22
Mendelevium	Md	101	[256]				